

TIE- JA VESIRAKENNUSHALLITUS
RAKENNUSOSASTO
MAANTUTKIMUSTOIMISTO

TVH:N LABORATORION KEHITTÄMINEN
sideaineiden laatututkimukset



— ötn —

INSINÖÖRITOIMISTO
ÖLJYTUOTENEUVONTA

HELSINKI 1985

08
TVH



87 778

SISÄLLYSLUETTELO

i	tiivistelmä	
ii	kuva- ja taulukkoluetelo	sivu
1.	JOHDANTO	1
2.	TVH:N LABORATORION KEHITTÄMINEN.....	2
	2.1 Yleistä	2
	2.2 Tavoitteet.....	3
	2.3 Laboratorion suoritusvalmius.....	4
3.	LABORATORIOTOIMINNOT	
	3.1 Tuotteiden vastaanottotarkastus.....	5
	3.11 Nykytilanne.....	5
	3.12 Vastaanottotarkastuksen kehittäminen.....	5
	3.2 Laatus seuranta ja laatuvaatimusten kehittäminen..	6
	3.21 Bitumituotteiden toiminnallisten ominai- suuksien analysointi.....	7
	3.22 Laatutietorekisteri.....	7
	3.23 Näytearkisto.....	8
4.	LAITERESURSSIT	
	4.1 Laaduntarkastustoiminta.....	9
	4.2 Laatumuutosten seuraaminen.....	10
5.	HENKILÖRESURSSIT	
	5.1 Tietotason kehittäminen.....	11
	5.2 Henkilöresurssit.....	12
6.	LAATUKRITEEREITÄ KOSKEVA TUTKIMUSTOIMINTA...	14
7.	BITUMITUOTTEIDEN LAATUVAATIMUKSET	
	7.1 Yleistä.....	15
	7.2 Bitumien laatuvaatimukset.....	17
	7.3 Bitumiöljyjen laatuvaatimukset.....	33
	7.4 Bitumiliuosten ja -emulsioiden laatuvaatimukset.....	40
	7.5 Nk. A-bitumien laatuvaatimukset.....	42
8.	LIITTEET	
	1. Bitumin parafiinipitoisuus ja sen merkitys.....	43
	2. Bitumin tarttuvuus.....	45
	3. Laitehankintojen kiireellisyysjärjestys ja kustannukset.....	47
	4. Penetraatioindeksin laskeminen.....	49
	5. Bitumien B 65, B 120 ja B 250 taulukon 7.1 mukaiset ominaisuudet.....	51
	6. Bitumien laadunvalvonnassa käytetyt käyrästöt...	52

TIIVISTELMÄ

TVH:n laboratorion toimintaa ehdotetaan suunnattavaksi siten, että nykyisen pelkän laaduntarkastustoiminnan ohella suoritetaan myös laadunohjaukseen ja laatuvaatimusten kehittämiseen liittyvää selvitystä.

Kehittämistoiminnan tavoitteena on, että laboratorio pystyy suorittamaan kaikkien bitumisten sideaineiden laaduntarkistuksen, pystyy seuraamaan sideaineiden toimivuutta ja tekemään muutosesityksiä sideaineiden ja päällysteiden laatuvaatimuksiin ja että laboratorio voi nopeasti selvittää päällystevaurioiden syyt.

Tavoitteiden saavuttamiseksi henkilökunnan tietotasoa ehdotetaan kehitettäväksi ja henkilöresursseja lisättäväksi vähintään yhdellä korkeakoulu- tai opistotasoisella henkilöllä. Laboratorion toimintarutiineja ehdotetaan kehitettäväksi ja laitteistoa uusittavaksi. Nämä merkitsevät käyttökustennuksiin lisäystä noin 100 000 mk/v ja investointeja noin 300 000 mk kahden tai kolmen seuraavan vuoden aikana.

Sideaineiden laadunohjausta varten annetaan ehdotus valvottavista ominaisuuksista ja niille raja-arvot. Ehdotus on tarkoitettu TVH:n omaa seuranta varten. Kun ehdotetut menetelmät ja raja-arvot on testattu ja ehdotus muutoin osoittautuu tarkoituksenmukaiseksi, voidaan ehdotusta käyttää uusien laatuvaatimusten pohjana.

Sideaineiden ominaisuuksien merkitystä on käsitelty laajasti laatuvaatimusten tulevaa kehitystyötä varten. Niinikään annetaan ehdotus niistä selvityksistä, jotka tarvitaan laatuvaatimuksien kehitystä varten.

TAULUKKO- JA KUVALUETTELO

	sivu
Taulukko 4.1 Laaduntarkistuksen tarvitsemat laitehankinnat.....	9
Taulukko 4.2 Laaduntarkistuksen tarvitsemat laitehankinnat; varalaitteet ja kapasiteetin lisäys.....	9
Taulukko 4.3 Laadun seurannan ja laadunvaatimusten kehittämisen vaatimat laitteet.....	10
Taulukko 4.4 Laboratorion perusvälineistön täydennys..	10
Taulukko 7.1 Ehdotus bitumin laatuvaatimuksiksi.....	18
Taulukko 7.2 Bitumin 60°C:n viskositeettivaatimuksia eri normeissa.....	20
Taulukko 7.3 Penetraatioindeksi eri normeissa.....	23
Taulukko 7.4 Pehmenemispistevaatimuksia eri maiden laatuvaatimuksissa.....	25
Taulukko 7.5 Bitumiöljyjen laatuvaatimukset.....	31 ³
Taulukko 7.6 Pohjoismaissa käytössä olevien bitumiöljyjen laatuvaatimukset.....	35
Taulukko 7.7 Lämpötilaherkyyden vaikutus viskositeettiin, kun viskositeetti 60°C:ssa on 300 mm ² /s	36
Taulukko 7.8 Suomessa ja Ruotsissa käytettyjen bitumiöljyjen ominaisuuksia.....	37
 Kuva 5.1 Laboratoriohenkilökunnan koulutus; sideaineanalyysit.....	 12
Kuva 7.1 Sekoituspäällysteiden sideaineiden kovuusluokitus.....	19
Kuva 7.2 Tunkeumavaatimukset British Columbian laatuvaatimuksissa.....	24
Kuva 7.3 Penetraatioindeksin ja kovuusluokan vaikutus pakkaskatkolämpötilaan.....	26
Kuva 7.4 Koveneminen ohutkalvokokeessa ja rumpusekoituksessa.....	28
Kuva 7.5 Jäykkyysmodulin ja vetolujuuden perusteella laskettu murtumispiste.....	31
Kuva 7.6 Amiinin kulutuksen riippuvuus bitumiöljyn happoluvusta.....	39

1. JOHDANTO

Tämä raportti on ensimmäinen osa työstä, jonka tavoitteena on TVL:n laboratorio-toimintojen kehittäminen bitumisia sideaineita ja asfalttipäällysteitä koskevien tehtävien osalta. Työn on tilannut TVH:n rakennusosasto.

Tässä raportissa esitetään TVH:n keskuslaboratorion kehittämistavoitteet ja niiden saavuttamiseksi suoritettavat toimenpiteet.

Työtä on ohjannut seurantaryhmä, johon ovat kuuluneet laboratorion päällikkö geologi Martti Eerola ja kemisti Eeva Solin.

2 TVH:N LABORATORION KEHITTÄMINEN

2.1 Yleistä

TVH:n päällystetoiminnan vuotuinen budjetti on kaikkiaan noin 550 Mmk. Tästä summasta käytetään

- n.200 Mmk bitumisiin sideaineisiin
- n. 50 Mmk kiviainesten hankintaan ja valmistamiseen
- n.200 Mmk asfalttimassan valmistuttamiseen ja levittämiseen (urakat - sideainekustannukset)
- n.100 Mmk omana työnä tehtävään päällystämiseen.

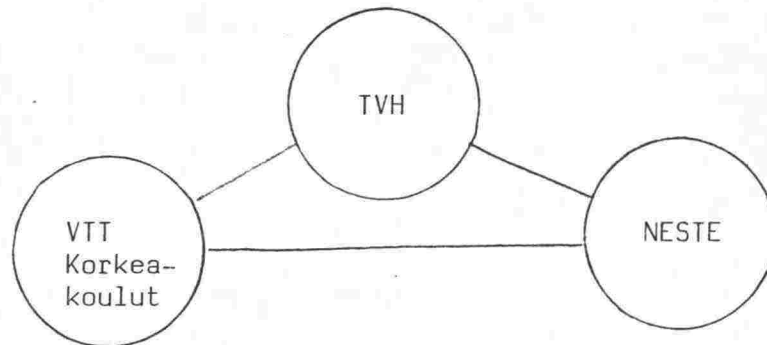
Ei voitane ajatella, että näin laajan ja taloudellisesti merkittävän toiminnan laadullinen ohjaus ja kehittäminen voitaisiin hoitaa tehokkaasti ilman omaa laboratoriotoimintaa.

Päällystämisen laadunvarmistus ja kehittäminen on järjestetty eri tavoilla eri maissa. Tyypillistä on, että laadunvarmistus ja kehitys laboratoriotoimintoihin kuuluu tielaitoksen yhteyteen.

On tiettyjä syitä, jotka Suomessa korostavat tielaitoksen oman laboratoriotoiminnan tärkeyttä. Nämä syyt ovat seuraavat:

1. Tielaitos on lähinnä toimintaa. Tielaitos ensimmäisenä kohtaa ja huomaa ongelmat ja nopeimmin voi selvittää syyt ja tehdä korjausehdotukset.
2. Tielaitoksella on olemassa valmiita resursseja: TVH:n oma laboratorio ja piirien keskuslaboratoriot sekä kenttävalvontalaboratoriot.
3. VTT:n resurssit tarvitaan laajempien selvitysten suorittamiseen ja tutkimustoimintaan. VTT:n resurssien merkittävä suurentuminen ei tunnu realistiselta. VTT:n toiminnalle on lisäksi tyypillistä suuri ajallinen viive.
4. Tuotteiden laadunvarmistus ja rajoitettu selvitystoiminta yleensä tulee edullisimmaksi oman organisaation toimesta suoritettuna.

Suomen kolmikantajärjestelmä sideaineiden ja päällysteiden tutkimus- ja kehitystoiminnassa



on tarkoituksenmukainen ja tehokas edellyttäen, että eri osapuolilla on jokseenkin sama perustietämys. TVH:n asiantuntemusta tulisi nostaa etenkin sideaineiden ominaisuuksien ja päällystemassan suhteituksen osalta.

2.2 Tavoitteet

Sideainetutkimuksia koskevan kehittämisen tavoitteet ovat seuraavat:

1. Laboratorio pystyy suorittamaan kaikkien sideainetyyppien vastaanottotarkastuksen ja laadun toteamisen (käyttö- ja rakennustoiminnan tukitoiminta).
2. Laboratorio pystyy seuraamaan sideaineen toimivuutta ja tekemään muutosehdotuksia laatuvaatimusarvoihin (teknillinen toimivuuden seuranta).
3. Laboratorio pystyy nopeasti suorittamaan selvityksiä ja antamaan lausuntoja sideaineen soveltuvuudesta (hankintatoiminnan tukeminen).
4. Laboratorio pystyy ylläpitämään ja kehittämään sideainetietoutta (neuvotteluasemien tukeminen).

TVH:n laboratorio suorittaa välittömästi ja suoraan TVH:n ja TVL:n toimintaan liittyviä määrittäviä ja selvityksiä sideaineesta. Edellä olevat tavoitteet eivät vaikuta muiden alalla toimivien laboratorioiden tehtäväkenttiin.

2.3

Laboratorion suoritusvalmius

TVH:n laboratoriolla on tavoitteiden mukaiset menetelmä- ja laiteresurssit seuraavasti:

1. Laboratorio voi ja osaa tehdä kaikkien sideaineiden - modifioidut bitumit mukaan lukien - laatuvaatimus-analyysit sekä kiviaineksen ja bitumin välisen tarttuvuusmäärityksen.
2. Laboratorio voi ja osaa suorittaa
 - tärkeimpien reologisten ominaisuuksien määritykset koko käyttölämpötila-alueella (bitumit ja bitumiöljyt),
 - murtuvuusominaisuuksien arvioinnin käyrästöjen perusteella (tavanomaiset bitumit),
 - modifioitujen bitumien toimivuutta kuvaavat testit,
 - kovenemisherkkyyttä simuloivat testit,
 - bitumin ja kiviaineksen tarttuvuutta kuvaavat testit sekä
 - omaa sellaisen laiteresurssin, että edellä mainitut testit voidaan soveltaa vastaamaan selvitettävänä olevan tapauksen olosuhteita.

Kohtien 1 ja 2 edellyttämät laiteresursseja koskevat uus- ja lisähankinnat on esitetty kohdassa 5.

3 LABORATORIOTOIMINNOT

3.1 Tuotteiden vastaanottotarkastus

3.11 Nykytilanne

TVH:n laboratorio tarkistaa sideaineiden laadun työmaalta toimitetuista näytteistä. Näytteet otetaan valvontaohjeen mukaisesti. Ohje edellyttää näytteen ottoa työmaan alussa ja jokaiselta alkavalta 10000 t sideainemäärältä (bitumit).

Bitumit, bitumiöljy ja bitumiliuosnäytteet analysoidaan TVH:n laboratoriossa, emulsionäytteet VTT:n tielaboratoriossa. VTT:n tielaboratorioon toimitetaan satunnaisesti myös bitumia, bitumiöljyä ja bitumiliuosnäytteitä.

V. 1985 on noudatettu tihennettyä näytteenotto-ohjelmaa (ohje Kp 220/C 8.8).

TVH:n laboratorio pystyy laitteiston puolesta suorittamaan kaikkien sideainetyyppien paitsi emulsioiden vastaanottotarkastuksen.

Vastaanottotarkastusanalyysistä tehdään vuosittain yhteenveto. Yhteenvedossa ei tehdä analyysitulosten vertailuja tai trendianalyysijä. Valmiuksia tähän ei myöskään ole kehitetty.

Analyysijä tehdään päätuotteista B 120 ja B 80 40-60 kpl sekä BÖ 2:sta 80-100 kpl vuodessa. Muista tuotteista analyysijä tehdään yleensä alle 20 kpl.

3.12 Vastaanottotarkastuksen kehittäminen

Sideaineiden tuottaja (Neste Oy) analysoi täydellisesti jokaisen valmistuserän. TVH:n vastaanottotarkastuksen tehtävä on varmistaa, että tuottajan laadunvalvonta toimii.

Sideaine on yleensä jo käytetty, kun vastaanottotarkastuksen analyysit valmistuvat. Tästä syystä laadunvarmistus painottuu tuottajan suorittamaan laadunvalvontaan ja tuotteen vastaanotossa tapahtuvaan havainnointiin.

TVH:n tulee pyytää toimittajalta selvitys toimituksen laadunvalvonnasta ja sopia tarkistuskäytännöstä. Toimittajan laadunvalvontaohjeet tulee saada laboratorion käyttöön laboratorion oman toiminnan koordinoimiseksi.

Tuotteiden vastaanotto työmailla tapahtuu työmaahenkilöstön toimesta, valtaosalta urakoitsijoiden henkilöstön toimesta. Laboratorioon saapuvan näytteen analyysitulosten tulkinta vaatii tuekseen yhtenäiset ohjeet toimituksen visuaaliselle tarkistukselle ja näytteenotolle.

TVH:n laboratorion itsensä suorittamalla vastaanottotarkastus-analyysillä varmistetaan tuottajan laatujärjestelmän toimivuus ja kerätään ominaisuustietoja käytetyn tuotteen laadusta. Näytteet käytetyistä tuotteista otetaan kuten nykyisin pisto-koeluoontoisesti. Tarkistusanalyysijä suoritetaan siten, että analysoitujen näytteiden määrä vuodessa on päätuotteilla 20-40 kpl ja muilla 5-10 kpl.

Nykyiseen käytäntöön verrattuna tämä merkitsee sitä, että päätuotteiden kohdalla analyysimäärä tuotetta kohti vähenee ja muiden tuotteiden osalta lisääntyy. Vastaanottotarkastus-analyysieihin käytetty työmäärä vähenee. Vapautunut kapasiteetti käytetään laatuseurantaan ja laatuvaatimusten kehittämistä tukeviin laboratoriotöihin.

Näytteenottojärjestelmässä on varmistettava, että kaikista työkohteista tulee riittävä näytemäärä, pienistä vähintään yksi. Kaikkia otettuja näytteitä ei analysoida. Ne kuitenkin säilytetään vuoden loppuun mahdollisia vaurioselvityksiä varten.

3.2

Laatuseuranta ja laatuvaatimusten kehittäminen

Sideaineiden ominaisuuksien vertailemista ja laatu muutosten seuraamista varten TVH:n laboratorio määrittää ja hankkii systemaattisesti bitumituotteiden laatua kuvaavia ominaisuustietoja. Tätä varten perustetaan laatu tietorekisteri ja näyte-arkisto (kohta 3.22 ja 3.23).

Sideaineiden toiminnallisten ominaisuuksien määrittämistä ja vaatimustason arviointia varten kehitetään laboratoriohenkilökunnan tietoja ja taitoja (kohta 6.1).

3.21

Bitumituotteiden toiminnallisten ominaisuuksien analysointi

Laadun varmistamiseksi ja laadun ohjaamista varten määritetään sideainenytytteistä laatuvaatimusominaisuuksien lisäksi taulukoista 7.1 ja 7.4 lähemmin ilmenevät ominaisuudet. Analyysituloksista lasketaan lisäksi tiettyjä laatuindikaattorieta, jotka niinkään käyvät ilmi taulukoista.

Näillä lisäanalyysillä varmistetaan se, että bitumituotteiden toiminnalliset ominaisuudet ovat halutulla tasolla ja seurataan laadun kehittymistä tarkemmin kuin mihin nykyiset laatuvaatimusanalyysit antavat mahdollisuuden. Mukana on myös laatuindikaattoreita, joita käytetään yleisesti muissa maissa. Laatuvertailu muiden maiden tuotteisiin tulee näin mahdolliseksi.

Taulukoissa esitettyt analyysit tehdään niistä vastaanottonäytteistä, jotka otetaan analysoitavaksi kohdan 3.1 mukaisesti. Näin tulee vuosittain 20 - 40 täydellistä analyysiä bitumeista. Tämä määrä analyysituloksia antaa jo mahdollisuuden tilastollisten vertailujen tekemiselle.

Bitumin tarttuvuusmäärityksiä (rullapullokoe) tehdään kapasiteetin sallimassa määrässä. Tarttuvuuskoe on tehtävä joka tapauksessa muutaman kerran vuodessa.

Koetuotteista tehdään aina taulukkojen mukaiset analyysit. Samoin menetellään aina, kun on aihetta epäillä laadun muuttuneen.

Liitteessä 6 on esitetty käyrästöjä ja kuvaajapohjia, joita ehdotetaan käytettäväksi asian havainnollistamiseksi laatuyltteenventoja ja laatuvertailuja tehtäessä.

3.22

Laatutietorekisteri

TVH:n laboratorio määrittää ja hankkii systemaattisesti bitumituotteiden laatua kuvaavia ominaisuustietoja. Rekisterin tarkoituksena on lisätä TVH:n tietämystä sideaineiden ominaisuuksista sekä toimia vertailulähteenä laatu muutosten havaitsemiseksi ja laatuvaatimusten kehittämiseksi.

Rekisteriä käytetään tuotteiden vastaanottotarkastuksessa, laatuvertailussa ja laatuhäiriöiden selvityksessä.

Rekisterin perustaminen on tärkeitä siksi, että bitumin käyttöön vaikuttavat ominaisuudet ovat muuttamassa uudentyyppisten tuotteiden tullessa markkinoille.

Rekisterin ominaisuustiedot kerätään vastaanottoanalyyyseistä, tutkimusten yhteydessä tehdyistä analyyyseistä ja erillisistä rekisteriä varten tehtävistä analyyyseistä. Tiedot saadaan pääasiassa vastaanottoanalyyyseistä, joten rekisterin vaatima työpanos aiheutuu lähinnä rekisterin ylläpidosta.

Rekisteri tehdään alunpitäen atk:lla tapahtuvaan käsittelyyn sopivaksi.

3.23

Näytearkisto

TVH:n laboratorioon perustetaan sideainenäytearkisto. Arkiston tarkoitus on säilyttää myöhempiä tarkistus- ja tutkimustarpeita varten näytteet käytettyjen bitumituotteiden laadusta.

Näytearkisto helpottaa mahdollisten vauriotapausten selvitystä ja toimii materiaalilähteenä sideaineiden laadun kehittymistä koskeville tutkimuksille.

Näytearkistojen tarve on tullut esille usein sekä Suomessa että muissa maissa. Arkistoja on jo olemassa muissa Pohjoismaissa.

Arkistoon otetaan muutama näyte vuodessa tärkeimmistä sideainetyypeistä. Näytteiden ottaminen varastoon kaikista sideainetoimituksista mahdollista myöhempää analysointia varten ei ole tarkoituksenmukaista.

TVH:n näytearkisto tarvitaan sideainetoimittajien mahdollisten omien arkistojen lisäksi, koska käyttölaatua vastaava näyte saadaan vain työmaasäiliöstä.

Arkistosta on annettu erilliset yksityiskohtaiset ohjeet.

4 LAITERESURSSIT

4.1 Laaduntarkistustoiminta

TVH:n laboratorio pystyy olemassa olevilla laitteilla suorittamaan bitumien ja bitumiöljyjen laaduntarkistuksen. Bitumiliuosten ja -emulsioiden osalta on laitteistossa puutteita. Puuttuvat ja hankittavaksi ehdotettavat laitteet on esitetty taulukossa 4.1.

Varalaitteiksi ja tuonnempana nähtävissä olevaa lisäkapasiteetin tarvetta varten ehdotetaan lisäksi toisessa vaiheessa hankittavaksi taulukossa 4.2 esitetyt laitteet.

Laboratorion perusvälineistön täydennyshankinnat on esitetty taulukossa 4.4.

Taulukko 4.1 Laaduntarkistuksen tarvitsemat laitehankinnat

Laite	Lukumäärä	Käyttötarkoitus
1. Tislauslaite ASTM D 244	1 kpl	bitumiemulsio: öljytisleet, bitumipitoisuus
2. Engier-viskometri	1 kpl	bitumiemulsio: viskositeetti
3. Tervakonsistometri 4 mm ja 10 mm kuppi	1 kpl	erikoistuotteet: viskositeetti
4. Pehmenemispisterengas ASTM D 36 (pykälärengas)	6 kpl	bitumit: pehmenemispiste
5. Seula ASTM D 244 1 mm ja 0,5 mm reikäkoko	1 + 1 kpl	bitumiemulsiot: seulonta
6. Sintteriupokas ASTM D 2042	4 kpl	bitumituotteet: liukoisuus
7. Pyknometri ASTM D	4 kpl	bitumit: tiheys
8. Leimahduspistelaite DIN 53213 1)	1 kpl	bitumiliuokset: leimahduspiste

1) Paksuilla, nopeasti haihtuvilla liuoksilla antaa Pensley-rastens-laite 1...4°C liian korkean leimahduspisteen.

Taulukko 4.2 Laaduntarkistuksen tarvitsemat laitehankinnat; varalaitteet ja kapasiteetin lisäys

Laite	Lukumäärä	Käyttötarkoitus
1. Viskometrihaude ASTM D 2170	1 kpl	bitumituotteet: viskositeetti
2. Jakotislauslaite ASTM D 402	1 kpl	bitumiliuokset ja bitumiöljyt: bitumipohjan erottaminen
3. Penetrometri ASTM D 5 termostatointiastioineen	1 kpl	bitumit: tunkeuma
4. Ohutkalvokoekaappi 1)	1 kpl	bitumit ja mahd. bitumiöljyt: kovettuminen ja kuivumisnopeus

4.2

Laatumuutosten seuraaminen

Toiminnallisten ominaisuuksien ja yleisesti käytettyjen, vaatimukseen kuulumattomien laatuparametrien määrittäminen vaatii uushankintoja ja laboratorion perusvälineistön lisäystä. Ehdotetut hankinnat on esitetty taulukoissa 4.3 ja 4.4.

Uusilla laitteilla määritetään ennenkaikkea reologisia ominaisuuksia. Laboratorion perusvälineistöön tarvitaan yleisvetolaite ja jäähdytyslaite. Päälystenäytteiden valmistuksessa ja analysoinnissa tarvitaan lisäksi koekappaleiden tiivistyslaite ja Marshall-puristimeen uudet puristus päät.

Reologisten ominaisuuksien määrittämiseen käytetyt laitteet samoin kuin jäähdytyslaitteet ovat suhteellisen kalliita. Ehdotetut laitteet on valittu niin, että niillä saadaan tavoitteita vastaava välttämätön informaatio tuotteista. Valitut laitteet eivät sovellu monipuolisiin reologisiin mittauksiin eikä niiden tarkkuus vastaa täysin tutkimustoiminnassa vaadittavaa tarkkuutta.

Laitteita valittaessa on lähdetty siitä, että ne täyttävät välttämättömän ja välittömän tarpeen. Jos toiminta myöhemmin vaatii monipuolisempia ja tarkempia laitteita, eivät nyt hankittavat laitteet kuitenkaan käy tarpeettomiksi.

Taulukko 4.3 Laatuseurannan ja laatuvaatimusten kehittämisen vaatimat laitteet.

Laite	Lukumäärä	Käyttötarkoitus
1. Haake Rotoviskometri	1 kpl	bitumiöljyjen viskositeetti ja leikkausherkyys
2. Shell Sliding Plate	1 kpl	bitumin jäykkäysmoduli, lämpötila-herkyys ja kuormitusai-herkyys

Taulukko 4.4 Laboratorion perusvälineistön täydennys

Laite	Lukumäärä	Käyttötarkoitus
1. Kryomaatti (n. -40%)	1 kpl	bitumituotteiden ominaisuuksien määrittäminen alhaisissa lämpötiloissa
2. Yleisvetolaite (esim. Instron)	1 kpl	modifioitujen sideaineiden ja saumaussmassojen tms. ominaisuudet
3. Marshall-puristimen puristus päät	1 pari	puristusvetolujuus (asfalttimassojen vedenkestävyys)
4. Massakappaleiden tiivistyslaite 1)	1 kpl	
5. X - Y-piirturi	1 kpl	Haake Rotoviskon, Marshall-puristimen, Rheometrin ym. laitteiden mitausarvojen tulostus

1) Laitetyyppi määritellään osaraportin II "Asfalttimassojen suhteitus" valmistuttua

5 HENKILÖRESURSSIT

5.1

Tietotason kehittäminen

TVH:n laboratorion vakinaisella henkilökunnalla on asiantuntemus ja pitkäaikainen kokemus bitumituotteiden ja päällysteiden laatuvaatimusanalyysien teossa. Henkilökunta on koulutettu ja osaa laaduntarkastustoiminnan.

Laadunohjaukseen tähtäävää analysointia ei laboratoriossa tehdä. Sama on tilanne sideaineiden ja päällysteiden laatuvaatimusten kehittämisen suhteen. Henkilökunnalle ei tietenkään ole syntynyt valmiuksia tällaiseen työskentelyyn.

Laboratorion henkilökunnalle järjestetään bitumituotteiden ominaisuuksien määrittämistä ja ominaisuuksien merkitystä koskeva koulutus. Koulutus tapahtuu normaalityön ohessa ja työpaikalla. Koulutusmentelmänä on omakohtainen työ ja havainnointi, jota ohjataan ja täydennetään lyhyillä tieto-opetustuokioilla.

Koulutus tapahtuu siten, että muutamaan vastaanottoanalyysiin tulevan näytteen analyysi laajennetaan vastaamaan koulutuksen tavoitetta. Näytteet analysoidaan kolmessa vaiheessa

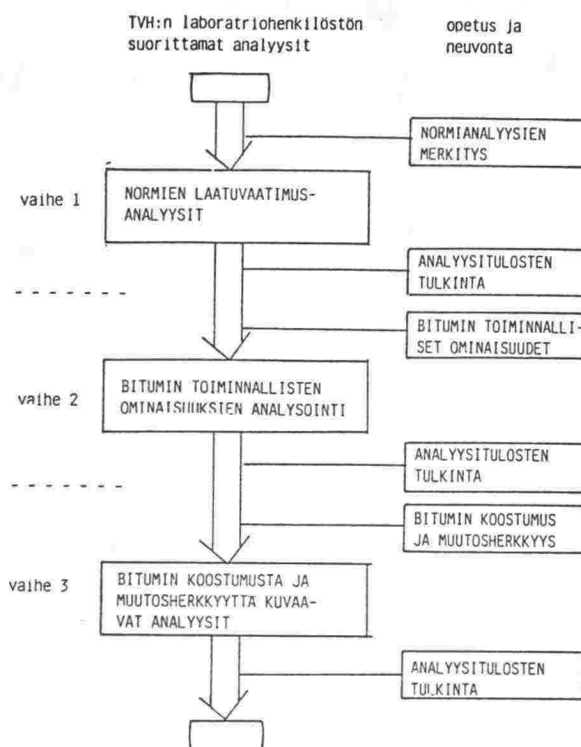
1. Normianalyysit
2. Toiminnalliset ominaisuudet
3. Bitumin muuttuminen, säänkestävyys

Kuhunkin analyysivaiheeseen kuuluu lyhyt tietopuolinen opetus sekä tulosten analysointi.

Ehdotus koulutustapahtumaksi on esitetty lohkokaaviona kuvassa 5.1.

Koulutuksen tavoitteena on, että henkilökunta osaa määrittää kaikki toiminnalliset ominaisuudet, ymmärtää niiden merkityksen ja osaa käyttää bitumien vertailuun kehitettyjä käyrästöjä ja kuvaajapohjia (liite 2).

Kuva 5.1 Laboratoriohenkilökunnan koulutus sideaineanalyysit



5.2 Henkilöresurssit

Sideaine- ja päällysteanalyysien suorituksesta vastaa yksi kemisti, jonka tehtäväkenttään kuuluu lisäksi muut laboratorion kemialliset työt. Suoritushenkilökuntaa on näihin töihin kaksi laboratoriaoapulaista sideaineanalyysihin ja kaksi laboranttia ja yksi laboratoriaoapulainen päällysteanalyysihin. Kesäisin on yleensä kolme henkilöä tilapäistyöntekijöinä.

Tällä henkilökunnalla ruuhkautuvat vastaanottoanalyysit ja varsinkin päällystenäytteitä tutkitaan vielä pitkälti päällystesesengin jälkeenkin.

Sideaineita ja päällysteitä koskeva työ on yksinomaan vastaanottotarkastusta (kohta 3.1). Laboratoriotöiden yhtenä tavoitteena on vähentää tätä jälkikäteen tapahtuvaa tarkastusta ja suunnata panostusta laadun varmistukseen, ohjaukseen ja kehitykseen.

Vastaanottoanalyysien vähentäminen kohdan 3.1 mukaisesti vapauttaa henkilöresursseja laadunvarmistukseen ja ohjaukseen sekä samalla laatuvaatimusten kehittämiseen,

Samanaikaisesti resursseja tarvitaan myös ja vielä suuremmassa määrässä päällystemassojen laadun varmistamiseen ja kehittämiseen.

Henkilöresursseja joudutaan lisäämään, jotta laboratorion kehittämisen tavoitteet saavutetaan.

Laboratoriossa on vain yksi kemisti, joka tuntee sideaine- ja päällysteanalyysit. VTT:n asiantuntemus pienenee senjälkeen, kun prof. Niemi lopettaa. Yleensäkin alalla on tällä hetkellä vähän nimenomaan sideaineisiin perehtyneitä henkilöitä.

Edellä selostetuista syistä tulisi TVH:n laboratorion henkilöresursseja lisätä välittömästi korkeakoulutaisoisella henkilöllä. Tämän henkilön tehtävänä tulisi olemaan sideaine- ja päällysteselvitykset. Samalla turvataan laboratorion jälkikasvu ja tietotason säilyminen.

Suoritustason henkilöstöä joudutaan ilmeisesti myös lisäämään. Tämä tulee ajankohtaiseksi sen jälkeen, kun laboratoriotoinnin tavoitteet ja priorisointi on päätetty TVH:ssa. Laboratoriossa tarvitaan välitason henkilöresurssi, laboratoriomestari, joka vastaa laboratorion käytännön toimista kemistin keskittyessä tulosten hyödyntämiseen ja toiminnan suunnitteluun.

LAATUKRITEEREITÄ KOSKEVA TUTKIMUSTOIMINTA

Sideaineiden laadun ohjaamisessa tarvitaan selvityksiä mm. seuraavissa kohteissa:

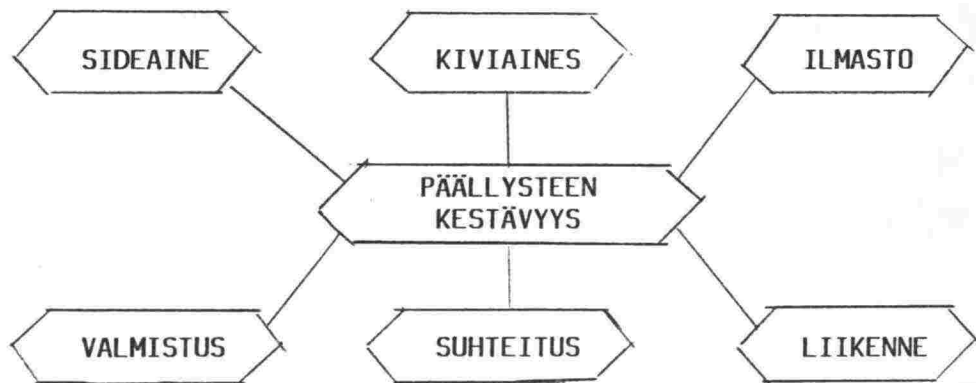
1. Pakkashalkeamakriteerit
2. joustavuus 0°C:n tienoilla
3. Bitumin 60°C:n merkitys kulumiselle ja deformaatiolle.
4. Bitumin koveneminen päällysteessä (kemiallinen ja struktuurikoveneminen)
5. Bitumiöljyn viskositeetti alhaisissa lämpötiloissa
6. Bitumiöljyn koveneminen öljysorapäällysteessä
7. Modifioitujen bitumien toiminnalliset ominaisuudet

Näiden selvitysten tekeminen kuuluu lähinnä VTT:lle ja muille tutkimuslaitoksille. Tutkimusten tulosten merkityksen ymmärtäminen vaatii, että itse on tehnyt jossain määrässä vastaavia selvityksiä. Tästä syystä ja laboratorion henkilökunnan valmiuksien kehittämiseksi ehdotetaan, että TVH:n laboratorio itse selvittäisi bitumiöljyn viskositeetin merkitystä alhaisissa lämpötiloissa ja bitumin kovenemista päällysteessä.

7 BITUMITUOTTEIDEN LAATUVAATIMUKSET

7.1 Yleistä

Päällysteen kestävyys riippuu seuraavassa kuvassa esitetyistä tekijöistä.



Sideaaineen eri ominaisuuksilta vaadittava taso vaihtelee päällystetyypin (kiviaines, suhteitus, valmistus) ja käyttökohteen (ilmasto, liikenne) mukaan.

Sideaaineen jäykkyys on tärkein päällysteen kestävyteen vaikuttava ominaisuus. Tästä syystä sideaineet luokitellaan jäykkyyden - joko tunkeuman tai viskositeetin - perusteella. Liuoksilla ja emulsioilla on lisäluokitusperusteena kuivumis- tai murtumisnopeus. Tällaista luokkaa kutsutaan lajiksi, esim. bitumilaji B120.

Jäykkyydsluokka vaikuttaa suuresti sideaaineen muihin ominaisuuksiin erityisesti bitumilla. Tästä syystä laatuvaatimukset usein laaditaan siten, että luokitusominaisuudelle annetaan maksimi- ja minimiarvo ja muille ominaisuuksille vähimmäisvaatimus. Vähimmäisvaatimukset kussakin jäykkyydsluokassa asetetaan niin, että tuote yleisesti soveltuu sideaineeksi ko. käyttötarkoituksiin.

Ominaisuuksilta vaadittava taso vaihtelee päällystetyypin ja käyttökohteen mukaan. Laatuvaatimukset ovat aina tietty kompromissi. Vaatimusten asettamista vaikeuttaa edelleen se, että aina ei tunneta tarkasti käyttökohteen vaatimustasoa ja eri asiantuntijoiden arviot voivat poiketa suurestikin. Näin syntyy erilaisia näkemyksiä laatuvaatimusten sisällöstä ja vaatimuservoista.

Vaatimuservojen asettamisen harkinnanvaraisuutta lisää edelleen se, että päällystemassan muut komponentit ja suhteitus vaikuttavat bitumilta vaadittavaan laatuvaatimukseen.

Vaikeimpia kysymyksiä bitumituotteiden laatuvaatimuksia laadittaessa ovat seuraavat:

Bitumit

- viskositeettitaso 60°C:ssa
- jäykkyyden lämpötilaherkkyys
- kovenemistaipumuksen määrittely ja rajoitus

Bitumiöljyt

- jäykkyys (viskositeetti) alhaisissa lämpötiloissa

Bitumiemulsiot

- murtuvuusominaisuudet.

Bitumien 60°C:n viskositeettitaso joudutaan asettamaan käytännöstä saatujen kokemusten perusteella. Koeteiden tulokset ovat ristiriitaisia ja tulosten tulkinta siten vaikeaa. Pakkaskestävyydelle ei Suomessa vielä ole muodostettu kriteeriä. TVH:n pakkashalkeamatutkimuksen yhteydessä tätä kysymystä kylläkin pyritään selvittämään.

Jäykkyyden lämpötilaherkkyys vaikutusta deformaatioon on vähän tutkittu. Koveneminen ei Suomessa käytetyillä konventionaalisilla bitumeilla ole ollut ongelma. Uusilla bitumityypeillä voi koveneminen olla ongelma.

Bitumiöljyn reologisia ominaisuuksia alhaisissa lämpötiloissa ei ole juuri tutkittu puhumattakaan niiden vaikutuksesta öljysoran kestävyysasteeseen. Bitumiöljyn ominaisuuksien selvittäminen alhaisissa lämpötiloissa on yksi niitä kohteita, joihin tulisi paneutua sideainetutkimuksissa (kohta 7).

Bitumiemulsion sekoitettavuuden ja murtumistapahtuman simulointi laboratoriossa on osoittautunut vaikeaksi. Murtuvuustestit, joita käytetään, kuvaavat ilmiötä vain osittain tai ei lainkaan. Bitumiemulsioiden käyttö ja itse emulsiot kehittyvät nopeasti. Bitumiemulsiot, kuten myös modifioidut bitumit ovat vielä "reseptituotteita".

Seuraavassa annettu ehdotus laatuvaatimuksiksi on tehty seuraavilla lähtökohdilla.

1. Sideaineen toiminnalliset ominaisuudet tulisivat kuvatuksi mahdollisimman täydellisesti.

2. Asfalttimassan valmistukseen vaikuttavien ominaisuuksien tasalaatuisuus tulisi nykyistä paremmin kontrolloitua.
3. Ominaisuuksien raja-arvot on asetettu konventionaalisia bitumeja silmällä pitäen.

Ehdotus on tarkoitettu ensimmäisessä vaiheessa TVH:n omaa seurantaa varten. Kun analyysimenetelmät ja ominaisuuksien raja-arvot on testattu, voidaan uudet laatuvaatimukset ehdottaa toimitussopimukseen.

Laatuvaatimukset ilmaisevat aina tilannetta ja ongelmia. Jos erityisiä ongelmia ei ole ja tuote on ollut sama, voidaan tyytyä yksinkertaisiin vaatimuksiin. Näin varsinkin silloin, kun tuotteen raaka-aineesta ja valmistusmenetelmistä voidaan sopia, ts. ne eivät muutu. Tilanne on ollut Suomessa tässä suhteessa pitkän aikaa vakaa. On kuitenkin pelättävissä, että bitumituotteiden valmistajat eivät tulevaisuudessa enää voi ostaa tietyn lähteen raakaöljyä. On myös olemassa merkkejä siitä, että Suomessakin bitumituotteiden toimittajat eivät enää halua ilmoittaa raaka-ainetta tai valmistusmenetelmää.

7.2

Bitumien laatuvaatimukset

7.2.10

Yleistä

Ehdotus tiebitumien laatuvaatimuksiksi on annettu taulukossa 7.1. Asfalttipäällystenormien laatuvaatimuksiin nähden on lajivalikoimaa vähennetty. Uusi bitumilaji B 800 on otettu mukaan. Vaatimukseen on lisätty penetraatioindeksi, tunkeuman pieneneminen ohutkalvokokeessa ja kovenemiskerroin. Viskositeettien raja-arvoihin on tehty tarkistuksia. Lisäysten ja muutosten perustelut on annettu seuraavissa kappaleissa.

Taulukko 7.1 Ehdotus bitumin laatuvaatimuksiksi

	B 40	B 80	B 200	B 400	B 800	Menetelmä	Selitykset
A. Alkuperäinen bitumi							
1. Tunkeuma 10°C, 100 g, 5 s, 1/10 mm	-	-	-	-	85-150	ASTM D5	7.2.11
2. Tunkeuma 25°C, 100 g, 5 s, 1/10 mm	35 - 50	70 - 100	145 - 210	300 - 430	-	- " -	7.2.11
3. Viskositeetti, 60°C, Pa.s	≥ 290	≥ 100 ¹⁾	≥ 30	≥ 15	4,0-8,5	ASTM D2171	7.2.12
4. Viskositeetti, 135°C, mm ² /s	≥ 400 ²⁾	≥ 200 ²⁾	≥ 180 ²⁾	≥ 130 ²⁾	≥ 70 ²⁾	ASTM D2170	7.2.13
5. Penetraatioindeksi	≥ -0,5	≥ -1 ¹⁾	≥ 1,5	≥ -2	≥ -2,5	ks. 1.14	7.2.14
6. Pehmenemispiste, °C	≥ 54 ³⁾	≥ 46 ³⁾	≥ 37 ³⁾	≥ 31 ³⁾	-	ASTM D	7.2.15
7. Liukoisuus, p %	≥ 99,5	≥ 99,5	≥ 99,5	≥ 99,5	≥ 99,5	ASTM D2042	
8. Leimahduspiste, °C	≥ 230	≥ 200	≥ 200	≥ 180	≥ 180	ASTM D93	
B. Bitumi ohutkalvokokeen jälkeen							
						ASTM D1754	7.2.16
9. Tunkeuman pieneneminen, %	≤ 45	≤ 45	≤ 45	≤ 50	-		7.2.17
10. Viskositeetti, 60°C, Pa.s	≤ 2000	≤ 700	≤ 250	≤ 100	≤ 25		7.2.18
11. Murtumapiste, °C	≤ -5	≤ -8	≤ -10	≤ -12	≤ 20	DIN 199506	7.2.19
12. Venymä, 25°C, cm	≥ 15	≥ 50	≥ 100			ASTM D113	7.2.20
13. Venymä, 15°C, cm				≥ 75	≥ 100	ASTM D113	7.2.20
14. Kovenemiskerroin	1,5-3,0	1,5-3,0	1,5-3,0	1,5-3,0	1,5-3,0		7.2.21
15. Painohäviö p %	≤ 0,5	≤ 0,5	≤ 0,7	≤ 1,0	≤ 1,0		7.2.22
16. Penetraatioindeksi	≤ +2,0	≤ +2,0	≤ +2,0	≤ +2,0	≤ +2,0		

1 Käytettäessä pääteiden uudelleenpäällystykseen

viskositeetti 60 °C ≥ 150 Pas
penetraatioindeksi ≥ -0,7

2 Viskositeetti 135°C saa poiketa tuottajan ilmoittamasta tyypillisestä arvosta ± 20 %.

3 Pehmenemispiste saa poiketa tuottajan ilmoittamasta tyypillisestä arvosta ± 2°C.

7.2.11
Lajivalikoima

Tavanomaisten päällysteiden ja bitumituotteiden valmistukseen riittää viisi bitumilajia:

B 45 (tunkeuma 35 - 50)

B 80 (tunkeuma 70 - 100)

B 200 (tunkeuma 145 - 210)

B 400 (tunkeuma 300 - 430)

B 800 (keskim. tunkeuma 25 %:ssa n. 800)

Lajivalikoiman supistaminen tuo rationalisoinnin lisäksi mahdollisuuden päällystesuunnittelun selkeyttämiseen. Kun lajien tunkeumarajat eivät liity välittömästi toisiinsa, eroavat eri lajit jäykkyydeltään selkeämmin toisistaan ja bitumilajin muuttaminen merkitsee todellisia muutoksia päällysteen toiminnallisissa ominaisuuksissa. Tarvittaessa voidaan välilaadut valmistaa sekoittamalla.

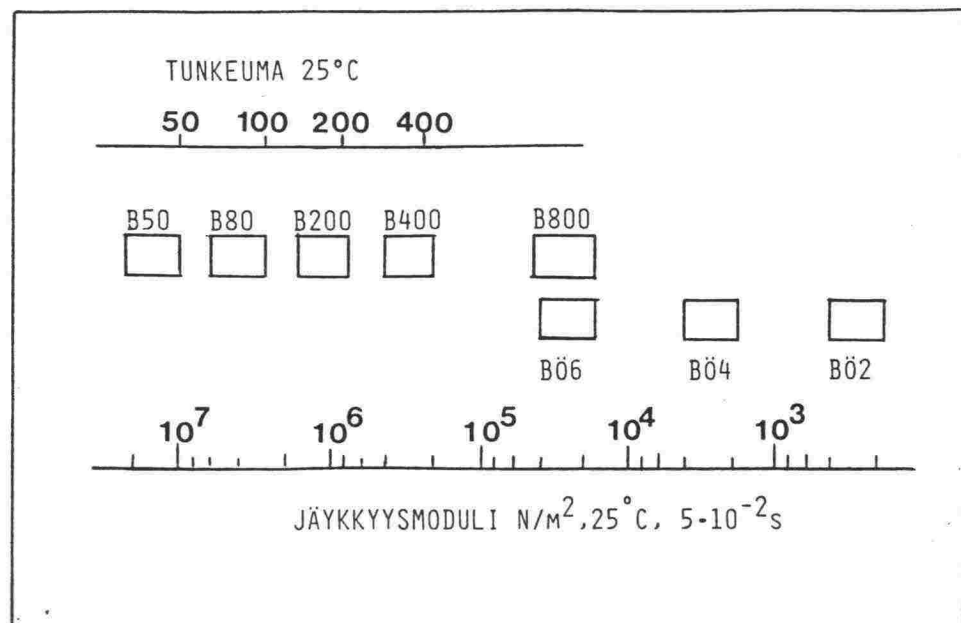
Bitumilajien pääkäyttökohteet ovat

- B 45 valuasfaltti
- B 80 kantavan kerroksen massat;
kulutuskerrospäällysteet useampia
asfalttikerroksia käsittävillä päätteillä
- B 200 yksikerrospäällysteet
- B 400 yksikerrospäällysteet heikosti perustetuilla
vähäliikenteisillä teillä (vrt Norjan "myk
asfaltbetong")
- B 800 elvytin

Kun otetaan huomioon kevytasfalttibetonin sideaineet BÖ 6 ja BÖ 4 sekä öljysoran sideaine BÖ 2, on päällystesuunnittelijalla käytettävissään sarja sekoituspäällysteiden sideaineita. Näiden jäykkyys muuttuu systemaattisesti kovasta bitumista B 45 bitumi-öljyyn BÖ 2. (Kuva 7.2).

Kuva 7.1

Sekoituspäällysteiden sideaineiden kovuusluokitus



Bitumi B 80 on tässä sarjassa pääasiallisin sideaine korjattaessa päällysteitä massapintauksella tai tehtäessä uusi päällystekerros. Kulumiskestävyyden ja säänkestävyyden takia kulutuskerros on näissä tapauksissa tehtävä suhteellisen bitumirikkaaksi. Deformaatiokestävyyden saavuttaminen vaatii tällöin suhteellisen kovaa sideainetta. Useampia asfalttikerroksia sisältävissä päällysteissä on kovemman bitumin käyttö myös mahdollista, koska halkeiluriski on pienempi eikä rakenteelta vaadita niin suurta joustavuutta kuin yksikerrospäällysteen ollessa kysymyksessä. Kulutuskestävyydessä ei ole merkitsevää eroa nykyisen valtaladun B 120 ja bitumin B 80 välillä.

7.2.12

Bitumin viskositeetti taso 60°C:ssa

Ei ole olemassa yksiselitteisiä tuloksia, joiden perusteella 60°C:n viskositeettitasoa tulisi muuttaa. Tässä ehdotuksessa on 60°C:n viskositeettivaatimukset säilytetty pääasiassa ennallaan. Bitumilajin B 400 ja uuden lajin B 800 viskositeettivaatimus on sovitettu vastaamaan muiden lajien tasoa. Bitumille B 80 on annettu korotettu vaatimus, kun tuotetta käytetään päteiden kulutuskerroksissa.

Sopivan viskositeettitason määrittämiselle teoreettisesti ei ole luotettavaa keinoa. Tason määrittely täytyy perustaa kokemukseen käytännöstä.

Bitumi 60°C:n viskositeettivaatimus vaihtelee suuresti eri maiden normeissa, taulukko 7.2. Tämä osoittaa, kuinka paikalliset olosuhteet - maastotyytit ja ilmasto - sekä myös merkityksen arviointi vaikuttavat asetettuun tasoon.

Taulukko 7.2 Bitumi 60°C:n viskositeettivaatimuksia eri normeissa

Bitumilaji	B 80	B 200
Tunkeuma-alue	70-100	145-210
PTL:n ehdotus	> 120	> 50
Ruotsi	> 120	> 45
Suomi	> 100	> 30
Norja	> 80	> 30
Tanska	-	-
Saksa	-	-
Sveitsi	120-360	30-90

Kun seuraavassa puhutaan viskositeettitasosta, tarkoitetaan sillä johonkin tunkeumaluokkaan valmistetun bitumin viskositeettitasoa, joka riippuu raakaöljystä ja valmistusmenetelmästä. Tunkeumaluokan muuttuessa muuttuu myös viskositeetti. Alhaisesta

ja korkeasta viskositeettitasosta puhuttaessa on huomattava, että rinnakkaisten bitumilajien välillä on yhtä suuri viskositeettiero kuin nk. alhaista ja korkeaa viskositasoa olevien bitumien välillä. Bitumin 60°C:n viskositeetin kannalta on sama käytetäänkö Arabia Heavy bitumia B 120 tai nk. venäläistä bitumia B 80.

Bitumin viskositeettitason merkityksestä voidaan Suomessa tehtyjen koeteiden perusteella todeta, että

- alhainen viskositeettitaso lisää hieman kulumista (toinen vertailupari on aina ollut nk. venäläinen bitumi)
- viskositeettitasolla ei ole merkitystä deformaatiolle.

Ei ole todennäköistä, että viskositeettitaso vaikuttaisi suoraan kulumiseen. Tulokset johtuvat ilmeisesti siitä, että alhainen viskositeetti ilmaisee tässä tapauksessa myös jotain muuta ominaisuutta, joka vaikuttaa kulumiseen. Tällainen ominaisuus voisi olla esim. tarttuvuus tai bitumin iskusitkeys. Huomattava on, että todetun yhteyden ei tarvitse olla yleispätevä, kaikilla bitumeilla esiintyvä.

Bitumin viskositeettitasolla ei kotimaisissa koeteissa ole todettu olevan vaikutusta päällysteen deformaatioon. Toisaalta tiedetään luotettavasti, että viskositeetti vaikuttaa sitä enemmän deformaatioon mitä korkeampi on lämpötila, mitä kauemmin korkea lämpötila kestää yhtäjaksoisesti (lämpimät yöt) ja mitä bitumirikkaampi on päällystemassa.

Viskositeetin merkitystä arvioitaessa on lisäksi syytä muistaa, että päällystemassan ominaisuuksiin voidaan vaikuttaa kiviaineksen laadulla, ja massan suhteituksella monesti enemmän kuin bitumin viskositeettitasolla.

Edellä olevan perusteella ei ole aihetta käytettävien bitumien yleiselle viskositeettitason nostolle.

Etelä-Suomen pääteille on tyypillistä

- paljon raskasta liikennettä
- paksut sidotut kerrokset
- suuri kuluminen.

Näillä teillä on syytä käyttää minimivaatimustasoa korkeamman viskositeetin omaavia bitumeja (esim. Arabian Heavy -bitumia vastaavia) siihen saakka, kunnes varmasti tiedetään, mistä suurempi kuluminen on johtunut nk. alhaisen viskositeetin bitumilla tehdyillä koeteilla.

7.2.13

Viskositeetti 135°C

Vaatimuservoihin ei ole tehty muutoksia.

Bitumin viskositeetti 135°C:ssa liittyy asfalttimassan valmistukseen. Viskositeetin muutokset voidaan tietyssä määrässä kompensoida sekoituslämpötilaa muuttamalla. 135°C:n viskositeettitaso ole oleellinen päällysteen kestävyydelle.

Suuret, odottamattomat muutokset aiheuttavat epäonnistumisia sekoituksessa ja tiivistyksessä. Tämä on estetty rajoittamalla viskositeetin vaihtelua.

7.2.14

Jäykkyyden (kovuuden) lämpötilaherkkyys

Laatuvaatimukseen on lisätty penetraatioindeksi. Vaatimuservo on määriteltä siten, että normaali tapauksissa ei olisi odotettavissa pakkaskatkoja -40°C:n yläpuolella. Kriteerinä on käytetty bitumille sallittua maksimijäykkyyttä 1.10^{-9} N/m^2 0,5 h kuormitusajalla. Tavalliselle tiebitumille liian korkeat penetraatioindeksit on rajattu antamalla maksimivaatimus ohutkalvokokeen jälkeen.

Bitumin kovuusluokka - bitumilaji - määritetään tunkeumalla 25°C:ssa. Kovuuden lämpötilaherkkyys vaihtelee eri bitumeilla raakaöljystä ja valmistusmenetelmistä riippuen. Tästä johtuen voi kahden eri bitumin, joilla on sama tunkeuma 25°C:ssa, kovuus olla erisuuri 25°C:n ylä- ja alapuolella.

Bitumin lämpötilaherkkyyttä voidaan kuvata penetraatioindeksillä (tunkeumaindeksillä). Mitä pienempi on penetraatioindeksi sitä enemmän lämpötila vaikuttaa kovuuteen.

Penetraatioindeksi kuvaa myös bitumin kuormitusaikaherkkyyttä ts. kovuuden riippuvuutta kuormitusajasta. Mitä alhaisempi on penetraatioindeksi sitä pehmeämmän aineen tavoin bitumi reagoi kuormitusajan kasvaessa.

Bitumin penetraatioindeksi on keskeisin toiminnallinen ominaisuus kovuusluokan ohella sekä realogisten että murtuvuusominaisuuksien suhteen.

Penetraatioindeksin merkitys on sitä suurempi mitä enemmän lämpötila poikkeaa luokituslämpötilasta 25°C. Lämpötilassa -40°C voi bitumi B 65 olla pehmeämpi kuin bitumi B 300, jos penetraatioindekseissä on suuri ero.

Suuri penetraatioindeksi ei ole päällysteen sideaineelle yksinomaan eduksi. Bitumilla, jolla on korkea penetraatioindeksi ei enää kuormituksen ja muodonmuutoksen suhde ole lineaarinen ja

murtovenymä pienenee penetraatioindeksiin kasvaessa. Tämä merkitsee mm. sitä, että bitumin toiminnallisia lujuusominaisuuksia määrittäessä ei enää voida tyytyä tunkeumaan ja penetraatioindeksiin.

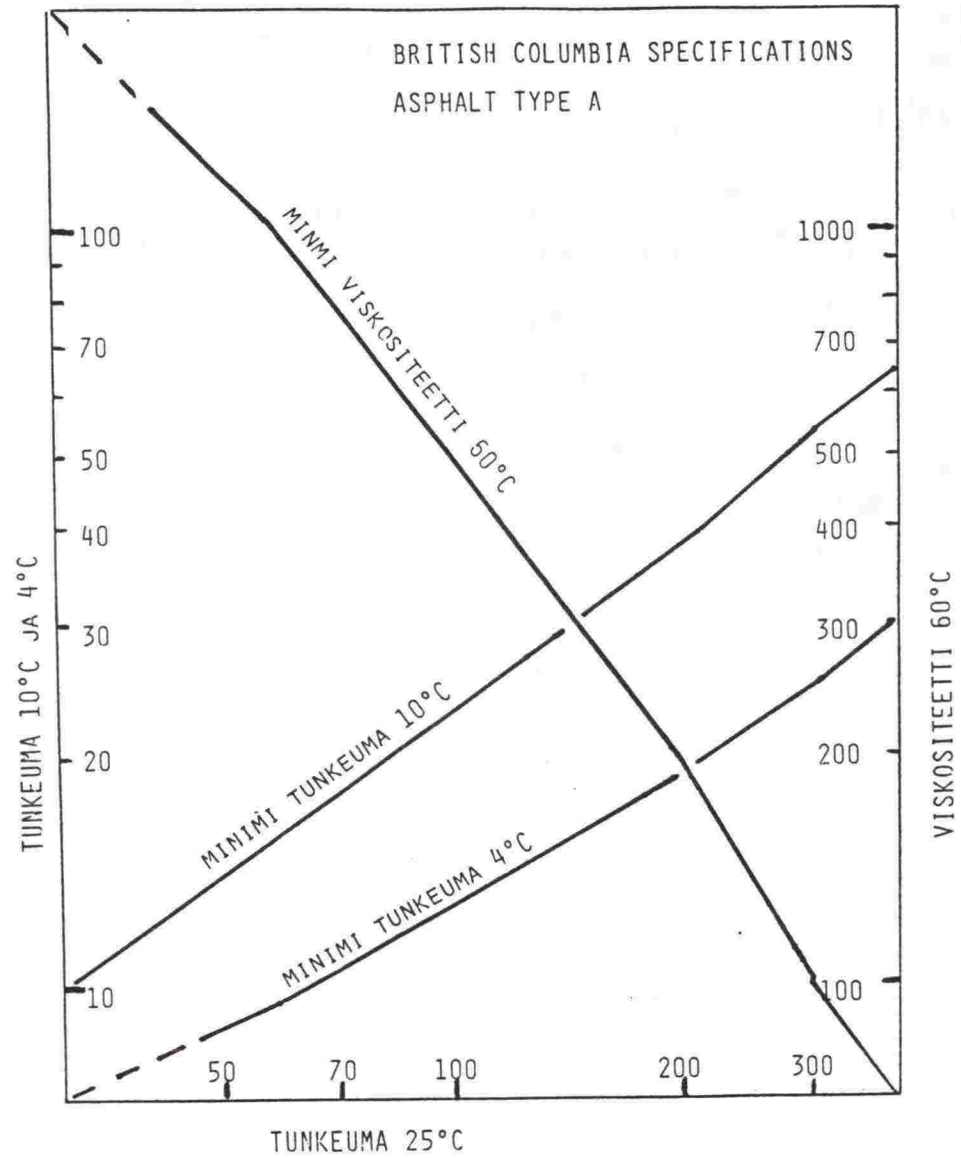
Bitumin penetraatioindeksi yleensä suurenee kuumasekoituksessa tapahtuvan bitumin puhaltumisen (hapettumisen) johdosta. Vastaava muutos havaitaan ohutkalvokokeessa, jossa penetraatioindeksi kasvaa 0...2,0 yksikköä.

Penetraatioindeksi on annettu Hollannin, Belgian ja Sveitsin normeissa, taulukko 7.2. Epäsuorasti penetraatioindeksi on rajoitettu esim. British Columbian normeissa Kanadassa antamalla tunkeumalle raja-arvo myös 25°C:n alapuolella, kuva 7.2.

Taulukko 7.3 Penetraatioindeksi eri normeissa

Bitumilaji (kovuusluokka)	B 45	B 80	B 200
Hollanti			
tunkeumarajat	45...60	80... 100	160...210
pen.indeksirajat	-1...+1	-1,2...+1	-1,5...+1
Sveitsi			
tunkeumarajat	40...50	80...100	180...220
pen.indeksirajat	-1...+1	-1... +1	-1... +1
Espanja			
tunkeumarajat	40...50	80...100	150...200
pen.indeksirajat	-1...+1	-1... +1	-1... +1

Kuva 7.2 Tunkeumavaatimukset British Columbian laatuvaatimuksissa.



Jäykkyyden lämpötilaherkkyyttä $+25^{\circ}\text{C}$:n yläpuolella on useiden maiden normeissa ohjattu siten, että on määritelty rajat pehmenemispisteelle, taulukko 7.3.

Taulukko 7.4 Pehmenemispistevaatimuksia eri maiden laatuvaatimuksissa

	B 45			B 80			B 200		
	Tunkeuma	Pehm. piste	Keskim. PI ²⁾	Tunkeuma	Pehm. piste	Keskim. PI ²⁾	Tunkeuma	Pehm. piste	Keskim. PI ²⁾
Ruotsi	-	-	-	70-100	> 46	-1,2	145-210	-	-
Tanska	-	-	-	70-110	45-52	-0,4	150-220	37-45	-0,3
Itävalta	35-50	52-59	-0,5	80-130	42-49	-0,8	160-210	37 - 44	-0,5
BRD	35-50	54-59	-0,3	70-100	44-49	-1,1	160-210	37 - 44	-0,5
Ranska	40-50	47-60	-0,9	80-100	41-51	-1,2	180-220	34 - 43	-1,1
Englanti	28-42	52-64	-0,4	80-120	41-51	-0,9	170-230	33 - 42	-1,1
Englanti/HD ¹⁾	30-50	58-68	+0,7	-	-	-	-	-	-
Sveitsi	40-50	51-62	-0,2	80-100	44-54	-0,3	180-220	37-44	-0,3

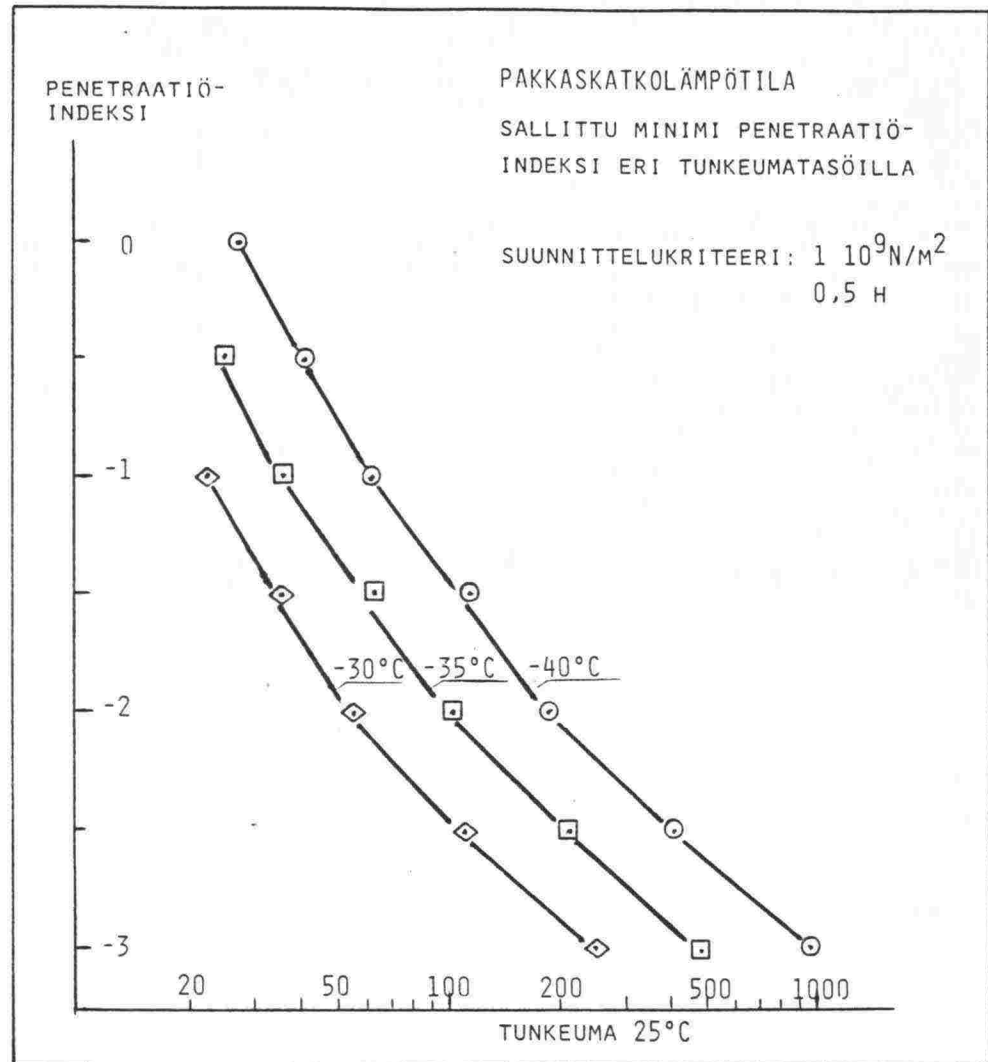
- 1) Nk. Heavy Duty deformaatioalttiisiin kohteisiin tarkoitettu erikoisbitumi.
- 2) Keskitunkeumalla ja keskipehmenemispisteelle arvioitu penetraatioindeksi.

Penetraatioindeksille 25°C :n yläpuolella on kovimmat vaatimukset Englannin erikoistuotteen ohella Sveitsin laatuvaatimuksissa. Sallittu pehmenemispistealue on hyvin laaja kaikissa normeissa. Se vastaa yleensä kahta tunkeumaluokkaa. Tämä johtuu siitä, että pehmenemispistetaso vaihtelee bitumin vahapitoisuuden ja vahan laadun perusteella. Taulukkoa tarkasteltaessa on huomattava, että tunkeuman ja pehmenemispisteen perusteella määritelty penetraatioindeksi ei aina ole yhteneväinen normaalin penetraatioindeksin kanssa.

Päällysteen deformaatioherkkyys ja joustavuus 0°C :n tienoilla riippuvat ennenkaikkea bitumin kovuusluokasta ja massan koostumuksesta. Penetraatioindeksillä on merkitystä, mutta sen vaikutus ei ole kovin suuri, koska ero luokituslämpötilaan ($+25^{\circ}\text{C}$) ei ole suuri.

Päällysteen pakkaskatkolämpötila riippuu bitumin kovuusluokasta ja penetraatioindeksistä, kuva 4. Kuvasta havaitaan, että tunkeuman pienentyessä penetraatioindeksivaatimus kasvaa. Kuvasta käy myös hyvin ilmi, miten kovuusluokka vaikuttaa vaadittavaan penetraatioindeksitasoon. Kuvassa käytetyn kanadalaisen kriteerin soveltuvuutta Suomen olosuhteissa ei ole varmistettu.

Kuva 7.3 Penetraatioindeksin ja kovuusluokan vaikutus pakkaskatkolämpötilaan



Edellä esiteltyt seikat huomioon ottaen on tässä laatuvaatimus-ehdotuksessa penetraatioindeksi säädelty siten, että alkuperäiselle bitumille annetaan minimivaatimus riittävän pakkas- ja deformaatiokestävyyden takaamiseksi. Liian korkea penetraatioindeksi rajataan maksimivaatimuksella ohutkalvokokeen jälkeen. Penetraatioindeksin määrittämisessä tarvitaan tunkeuma alhaisessa lämpötilassa. Tunkeuman määrittäminen on alhaisissa lämpötiloissa epätarkka. Käytännössä on ilmeisesti helpointa määrittää lämpötilaherkkyys (penetraatioindeksi) antamalla minimi tunkeuma-arvo esim. +10°C:ssa ja 60 s kuormitusajalla. Raja-arvon määrittäminen vaatii kokeellisia määrittämiä erilaisilla bitumeilla.

7.2.15

Pehmenemispiste

Pehmenemispisteelle on annettu minimiarvo ja lisäksi vaihteluväli, jonka sisällä tuottajan ilmoittama tyypillinen arvo voi vaihdella.

Pehmenemispiste on lämpötila, jossa bitumin jäykkyydmoduli on noin $1,5 \cdot 10^3 \text{ N/m}^2$ kuormitusajalla 30 s ja $9 \cdot 10^4 \text{ N/m}^2$ kuormitusajalla 0,4 s.

Tiebitumin B 80 pehmenemispiste on luokkaa $45-50^\circ\text{C}$. Pehmenemispiste ilmaisee siten bitumin kovuuden lämpötila-alueella, joka voi esiintyä päällysteessä kuumana kesäpäivänä.

Kunkin bitumilajin pehmenemispiste vaihtelee jäykkyyden lämpötila-herkkyydestä ja lisäksi vahapitoisuudesta ja vahojen laadusta riippuen. Bitumien kovuuden taso ja tasalaatuisuus korkeissa lämpötiloissa voidaan käytännöllisimmin säädellä antamalla raja-arvon lisäksi vaihteluväli tuottajan ilmoittamalle tyypilliselle pehmenemispisteelle.

7.2.16

Ominaisuuksien määrittely ohutkalvokokeen jälkeen

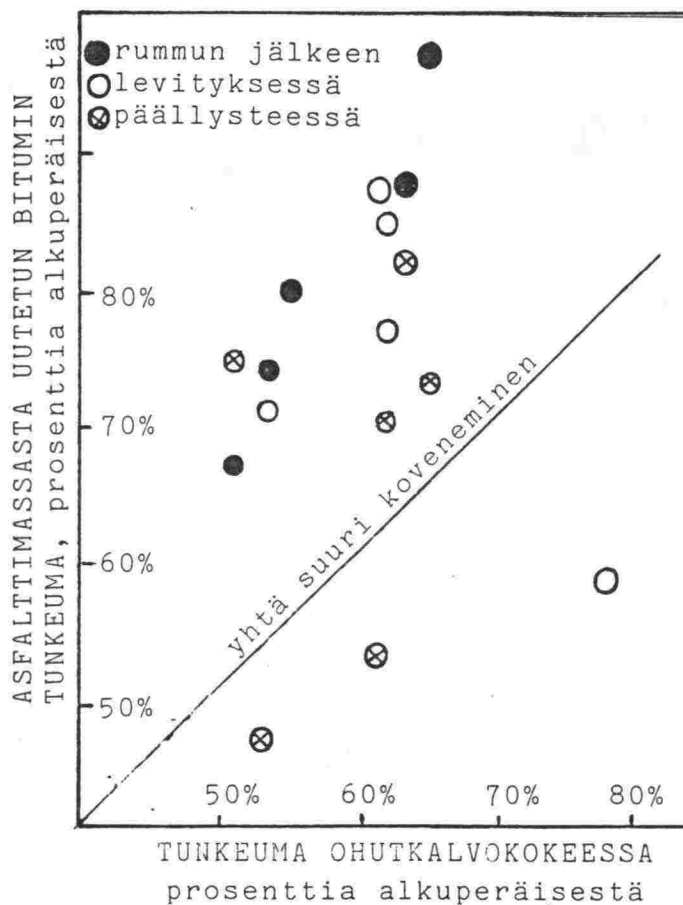
Ohutkalvokokeella simuloidaan kovenemista asfalttimassan kuumasekoituksessa. Bitumin ominaisuudet, jotka määritetään ohutkalvokokeen jälkeen, vastaavat siten paremmin päällysteessä olevan bitumin ominaisuuksia.

On olemassa normeja, joissa kaikki bitumin ominaisuudet on määriteltä ohutkalvokokeen jälkeen.

Koveneminen massan valmistuksessa riippuu sekoitusmenetelmästä, sekoituslämpötilasta ja bitumin laadusta. Kylmäsekoituksessa (esim. emulsiomassat) ei bitumi kovene lainkaan. Kuumasekoituksessa asematyyppi ja sekoituslämpötila vaikuttaa kovenemiseen. Koveneminen voi vaihdella ääritapauksissa pehmenemisestä 10- kertaaiseen viskositeettinousuun.

Ohutkalvokokeessa tapahtuva koveneminen vastaa normaalissa, hyvin hoidetussa annossekoituksessa tapahtuvaa kovenemista. Muissa massanvalmistusmenetelmissä tapahtuva koveneminen voi poiketa huomattavastikin ohutkalvokokeessa tapahtuvasta kovemisesta, kuva 7.4.

Kuva 7.4 Koveneminen ohutkalvokokeessa ja rumpusekoituksessa



Ohutkalvokoe kuvaa bitumin kovenemistaipumusta yleensä ja antaa kovenemistason tietyille sekoitustyyppille ja bitumityypille.

Se, missä tilassa bitumin ominaisuudet määritellään joko ennen ohutkalvokoetta tai sen jälkeen, on tarkoituksenmukaisuuskysymys.

Jos bitumi muuttuu ominaisuuksiltaan suuresti ohutkalvokokeessa ja bitumin käyttökohde on kuumamassat, on aiheellista määritellä vaatimukset ohutkalvokokeen jälkeen. Tällöin tulee aina olla

mukana testi, joka kuvaa (ja rajoittaa) kovenemista päällysteessä.

Jos bitumi kovenee kuumasekoituksessa kohtuullisesti ja massanvalmistustapojen aiheuttama koveneminen vaihtelee, on aiheellista määritellä ominaisuudet joko ennen ohutkalvokoetta tai - niinkuin nykyisissä normeissa - osin ennen ja osin ohutkalvokokeen jälkeen aina sen mukaan, mikä katsotaan tarkoituksenmukaisimmaksi.

Ehdotuksessa on määritelty kovuusluokka ja viskositeetin minimitaso ennen ohutkalvokoetta. Ne ominaisuudet, jotka kuumamassan valmistuksessa muuttuvat ja joiden liiallinen muutos kuumamassan valmistuksessa on keskeinen päällysteen kestävyydelle, on määritelty ohutkalvokokeen jälkeen. Ehdotus vastaa siis nykyisten normien laatuvaatimusten rakennetta.

7.2.17

Kovenemistaipumuksen rajoitus

Bitumin kovenemistaipumus on rajoitettu määrittelemällä sallittu tunkeuma-arvon pienentyminen ohutkalvokokeessa.

Ohutkalvokokeessa tapahtuva koveneminen kuvaa bitumin kovenemistaipumusta kuumamassan valmistuksessa. Koveneminen päällysteessä riippuu ilmastosta ja päällysteen avoimuudesta sekä bitumin ominaisuuksista.

Päällysteessä tapahtuva koveneminen on verrannollinen kovenemiseen ohutkalvokokeessa so. mitä suurempi on koveneminen ohutkalvokokeessa sitä suurempi on kovenemistaipumus päällysteessä.

Kovenemisen aiheuttavat kemialliset tapahtumat ovat samat ohutkalvokokeessa ja tiellä. Kovenemistaipumus voidaan kontrolloida ohutkalvokokeella. Rajoittaminen perustuu joko tunkeuman pienemiseen tai 60°C:n viskositeetin kasvamiseen.

Bitumin tunkeuma pienenee ohutkalvokokeessa raaka-aineesta ja valmistusmenetelmästä riippuen 25...55 %. Pehmeät bitumit kovenivat yleensä enemmän kuin kovat.

Bitumin tunkeumassa ja 60°C:n viskositeetissa tapahtuvat muutokset ohutkalvokokeessa eivät välttämättä ole verrannollisia. Kun tunkeuma kuvaa bitumin jäykkyyttä (kovuutta) päällysteessä ja kun bitumin kovuusluokitus tapahtuu tunkeuman avulla on loogisinta rajoittaa kovenemistaipumus tunkeuman avulla.

7.2.18

Bitumin maksimiviskositeetti 60°C:ssa

Bitumin 60°C:n viskositeettivaatimusta ohutkalvokokeen jälkeen on laskettu lukuunottamatta bitumia B 40.

Liian suuri viskositeetti 60°C :ssa vaikeuttaa tiivistämistä. Päälystemassan jäähtyessä nousee bitumin viskositeetti niin korkeaksi, että massaa ei ehditä tiivistää normaalikalustolla.

Bitumi kovenee kuumamassan valmistuksen yhteydessä. Korkein sallittu maksimiviskositeetti 60°C :ssa annetaan tästä syystä ohutkalvokokeen jälkeen.

Nykyinen maksimiraja on niin korkea, että lähelle sitä yltävistä bitumeista tehtyjen päälysteiden tiivistäminen vaikeutuu kylmällä ilmalla. Rajan alentaminen on aiheellista lukuunottamatta bitumia B 45 (puhaltamalla valmistettu). Tämän bitumin viskositeetti on korkea jo alunperin ja se kovenee ohutkalvokokeessa tislamalla valmistettuja laatuja enemmän.

7.2.19

Murtumispiste

Vaatimuservoihin ei ole tehty muutoksia

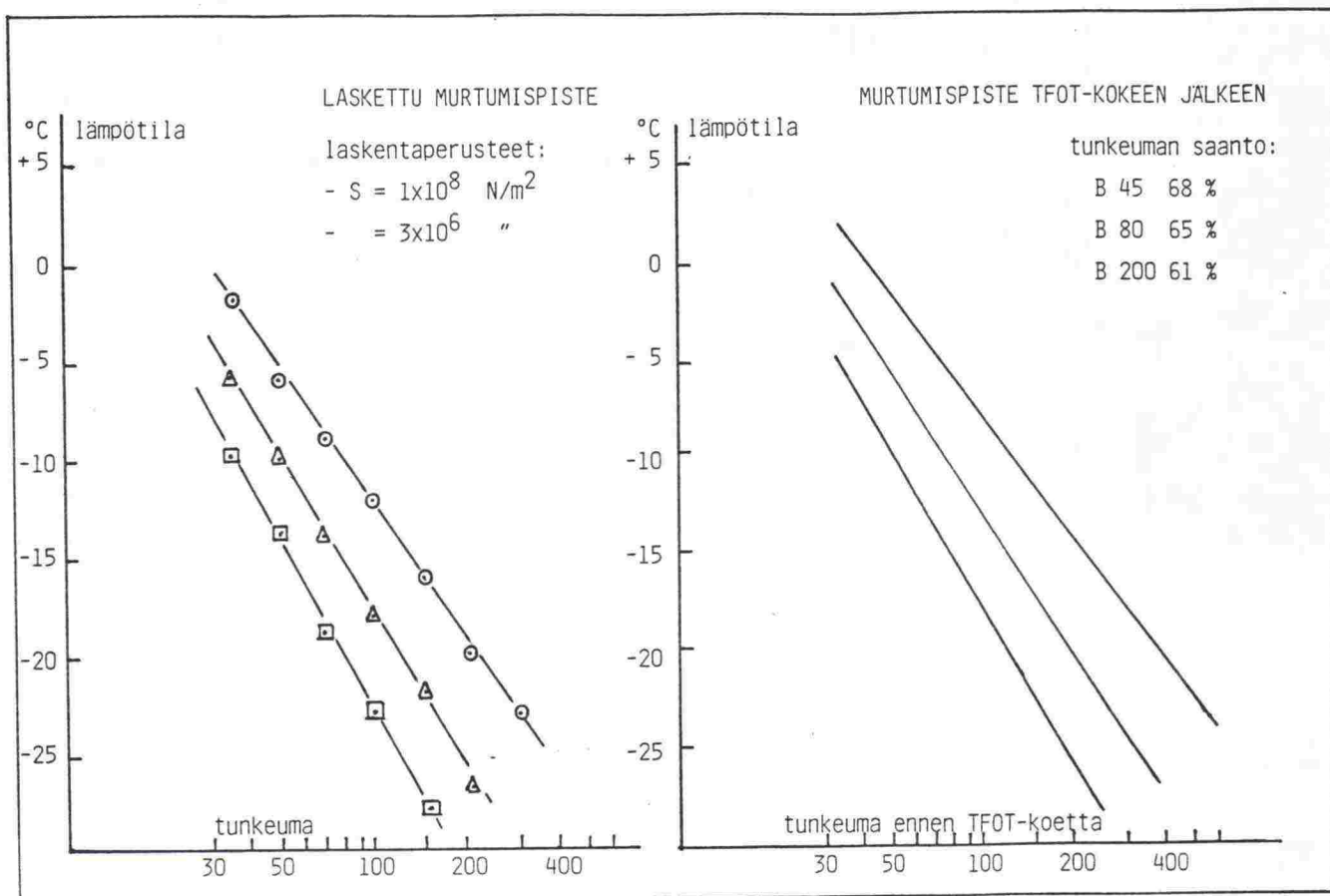
Murtumispiste on lämpötila, jossa bitumin jäykkyysmoduli on $1 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2$, kun vetomurtolujuus on $3 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2$. Vetomurtolujuus $3 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2$ on tavanomainen arvo normaaleilla tiebitumeilla alhaisissa lämpötiloissa.

Kun bitumin tunkeuma ja penetraatioindeksi tunnetaan, voidaan murtumispiste laskea. Jos laatuvaatimuksissa on annettu tunkeuma ja penetraatioindeksi, ei murtumispistettä periaatteessa tarvita.

Nykyisten laatuvaatimusten murtumispistevaatimukset edellyttävät, että alkuperäisen bitumin penetraatioindeksi on vähintään $-1,5 \dots -1,0$, kun koveneminen ohutkalvokokeessa on normaalitasolla (kuva 3.15).

Koska murtumispiste on ainoa testi alhaisissa lämpötiloissa ja koska se on ainoa murtolujuutta ilmaiseva testi, on se syytä säilyttää laatuvaatimuksiin, vaikka sen määrittäminen on epätarkka menetelmäteknillisistä syistä johtuen.

Kuva 7.5 Jäykkyysmodulin ja vetomurtolujuuden perusteella laskettu murtumispiste



Vaatusarvoihin ei ole tehty muutoksia.

Venymätestin merkitys ei ole selvä, vaikka se on mukana useimpien maiden laatuvaatimuksissa. Venymä ilmaisee bitumin kolloidista rakennetta, mutta yhteys kestävyys on hyvin monitahoinen.

Bitumin venymäarvoa ei voida suoraan käyttää bitumin hyvyyden arviointiin. "Normaaliarvosta" huomattavasti poikkeava venymätulos on hälytysmerkki siitä, että kysymyksessä on toisentyypinen bitumi kuin aikaisemmin. Tästä syystä on aihetta säilyttää venymätesti nykyisellään laatuvaatimuksissa. Venymäarvoa ei kuitenkaan voida pitää tuotteen hylkäyskriteerinä.

7.2.21 Kovenemiskerroin

Laatuvaatimukseen on lisätty kovenemiskerroin.

Kovenemiskerroin ilmaisee kuinka moninkertaiseksi bitumin 60°C:n viskositeetti nousee ohutkalvokokeessa.

Laatuvaatimusten rakenteesta johtuu, että ne periaatteessa sallivat 6...12 kertaisten kovenemisen.

Kovenemiskertoimen suuri vaihtelu tai korkea arvo vaikeuttaa levitystä ja tiivistämistä.

7.2.22 Lämmityspainohäviö

Vaatimuservoja on alennettu.

Ohutkalvokokeessa haihtuvien hiilivetyjen määrä nk. lämmityspainohäviö liittyy bitumin kovenemiseen, työhygieniaan ja ympäristön-suojeluun. Kaikkien näiden kannalta tulisi painohäviön olla mahdollisimman pieni.

Normaalista raakaöljystä tyhjötislaamalla ja/tai puhaltamalla valmistettujen bitumien painohäviö ohutkalvokokeessa on murto-osa nykyisistä laatuvaatimuksista. Lämmityspainohäviövaatimusta voidaan ja on aihetta alentaa.

7.3 Bitumiöljyjen laatuvaatimukset

7.31 Yleistä

Bitumiöljyistä BÖ 2 on varsinainen "tieöljy", kylmäsekoitukseen tarkoitettu sideaine. BÖ 6 on ominaisuuksiltaan lähinnä pehmeä bitumi, joka ei välttämättä lainkaan sisällä nopeasti haihtuvaa ohenninta.

Bitumiöljyjen vaatimuksiin on lisätty jäykkyyden lämpötilaherkkyyden ja tartukkeen tuhoutumisen rajoitus. Bitumiöljyn BÖ 2 haihtuvuutta on lisätty. Tislausjäännöksen viskositeetille on annettu myös maksimirajat.

Ehdotus bitumiöljyjen uusiksi laatuvaatimuksiksi on annettu oheisessa taulukossa. Lisäysten ja muutosten perustelut on esitetty seuraavissa kappaleissa.

Taulukko 7.5 Bitumiöljyjen laatuvaatimukset

LAJI	BÖ 2	BÖ 4	BÖ 6	SELITYKSET
VISKOSITEETTI, 60°C, mm ² /s	300 - 500	1000 - 2000	4000 - 8000	7.32
VISKOSITEETTI, 50°C, PAS (D = 3 s ⁻¹)	≤ 250	≤ 3000	-	7.33
TUNKEUMA, 50°C, l/10mm	-	-	≥ 150	7.33
JAKOTISLAUS				7.34
-TISLE 225°C, TIL.-%	-	-	-	
- " 260 " "	-	-	-	
- " 315 " "	2 - 8	≤ 2,5	≤ 1,5	
- " 360 " "	4 - 12	≤ 6,0	≤ 4,0	
TISLAUSJÄÄNNÖKSEN VISKOSITEETTI, 60°C, mm ² /s	1200 - 2500	3500 - 7000	6000-12000	7.35
AMIININ KULUTUS, %-YKS.	≤ 0,3	≤ 0,3	≤ 0,3	7.34
LEIMAHDUSPISTE, °C	≥ 56	≥ 56	≥ 70	
VESIPITOISUUS, P-%	≤ 0,5	≤ 0,5	≤ 0,5	
LIUKOISUUS, P-%	≥ 99,5	≥ 99,5	≥ 99,5	

7.32
Lajiluokitus

Bitumiöljy BÖ 2 on tarkoitettu kylmäsekoitukseen, sekoitettavaksi kylmän, luonnonkostean kiviaineksen kanssa. BÖ 2:n viskositeettiluokka määräytyy näin ollen sekoitettavuuden perusteella. BÖ 2:n tulisi olla mahdollisimman jäykkää, mutta vielä sekoitettavissa kylmään kiviainekseen. Sekoitettavuuteen vaikuttaa viskositeetin lisäksi sekoituskalusto ja kiviaines.

Bitumiöljy n BÖ 2 viskositeettirajat ovat alkuaan määräytyneet kenttäkokeiden perusteella. Vain osa sekoituskalustosta on tuosta ajasta rakenteeltaan uusiutunut. Kiviaines on taloudellisista syistä muuttunut siten, että sekoitettavuus on huonontunut. Käyttöön on otettu hienoainesrikkaampia kiviaineksia.

Ruotsissa käytetty bitumiöljy on jonkin verran Suomessa käytettyä jäykempää, mutta Ruotsissa käytettyjen kiviainesten hienoainespiitoisuus on myös yleensä jonkin verran pienempi.

Bitumiöljy BÖ 2:n viskositeettitasoa nostettiin vastikään. Samanaikaisesti lisättiin kovenemisnopeutta. Molempien muutosten vaikutuksesta öljysoran alkujäykkyys lisääntyi. Käytännöstä saatujen kokemusten mukaan ei näytä enää olevan tarvetta nostaa bitumiöljyn BÖ 2 viskositeettitasoa.

Bitumiöljyt BÖ 4 ja BÖ 6 sekoitetaan kuumennettuun kiviainekseen. Niiden viskositeettitaso määräytyy siten päällysteen käyttötarkoituksen perusteella. Näiden bitumiöljyjen viskositeettitasojen muutoksiin ei ole tarvetta.

Taulukossa 7.6 on esitetty Pohjoismaissa käytössä olevien bitumiöljyjen laatuvaatimukset sekä näiden perustana ollut PTL:n ehdotus.

Taulukko 7.6 Pohjoismaissa käytössä olevien bitumiöljyjen laatuvaatimukset

PTL:N LUOKKA	1 7 5 - 3 5 0				3 5 0 - 7 0 0			
MAA	PTL	NOR	SWE	FIN	PTL	* NOR	SWE	FIN
LAJINIMI	Vö 175-350	Vö 300			Vö 350-700	Vö 550	Vö 500	Bö 2
VISKOSITEETTI, 60°C, mm ² /s	175 - 350	200 - 350			350 - 700	400 - 700	350 - 700	300 - 500
JAKOTISLAUS								
- TISLE 225 °C, TIL.-%	-	-			-	-	-	-
- " 260 " "	< 1	≤ 1			< 1	≤ 1	≤ 1	-
- " 315 " "	< 7	≤ 6			< 7	≤ 7	≤ 7	≤ 8
- " 360 " "	< 12	≤ 12			< 12	≤ 12	≤ 12	4 - 12
TISLAUSJÄÄNNÖKSEN VISKOSITEETTI, 60°C, mm ² /s	500 - 2000	500 - 1000			2000 - 5000	2000 - 6000	2000 - 6000	≥ 1200

PTL:N LUOKKA	1 0 0 0 - 2 0 0 0				3 0 0 0 - 6 0 0 0			
MAA	PTL	NOR	SWE	FIN	PTL	NOR	SWE	FIN
LAJINIMI	Vö 1000-2000			Bö 4	Vö 3000-6000			Bö 6
VISKOSITEETTI, 60°C, mm ² /s	1000 - 2000			1000 - 2000	3000 - 6000			4000 - 8000
JAKOTISLAUS								
- TISLE 225 °C, TIL.-%	-			0	-			0
- " 260 " "	0			≤ 0,3	0			≤ 0,2
- " 315 " "	< 3			≤ 2,5	< 2			≤ 1,5
- " 360 " "	< 10			≤ 6,0	< 5			≤ 4,0
TISLAUSJÄÄNNÖKSEN VISKOSITEETTI, 60°C, mm ² /s	≥ 3500			≥ 3500	≥ 5000			≥ 6000

7.33

Viskositeetin lämpötilaherkkyys

Bitumiöljyn jäykkyys - viskositeetti - ilmaistaan nykyisissä laatuvaatimuksissa vain yhdessä lämpötilassa +60°C. Viskositeetin lämpötilaherkkyys on yhtä lailla toiminnallinen ominaisuus bitumiöljyllä kuin tunkeuman lämpötilaherkkyys on bitumilla.

Viskositeetin lämpötilaherkkyys ilmaisee kuinka paljon viskositeetti muuttuu lämpötilan muuttuessa. Viskositeetin lämpötilaherkkyys kuvataan luvulla

$$m = \frac{\log \log T_2 - \log \log T_1}{\log T_2 - \log T_1}$$

Kerroin m on negatiivinen luku, mikä osoittaa, että viskositeetti laskee lämpötilan noustessa. Mitä pienempi m on, sitä enemmän lämpötila vaikuttaa viskositeettiin.

Bitumiöljyn viskositeetin ja viskositeetin lämpötilaherkkyiden merkitystä arvioitaessa joudutaan turvautumaan yleistyksiin. Bitumiöljyn reologiaa ei nimittäin juuri ole tutkittu öljysorapäälysteen kannalta oleellisissa lämpötiloissa, lämpötiloissa +10°C - -10°C.

Bitumiöljyssä, ennenkaikkea BÖ 2:ssa tapahtuu vahojen (parafiinien) kiteytymistä lämpötila-alueella +20°C - 0°C. Vahojen kiteytymisestä johtuu, että tuote muuttuu vewtonisesta nesteestä pseudoplastiseksi ja/tai tiksotrooppiseksi ja samalla viskositeetti tulee leikkausnopeudesta riippuvaksi. Lämpötilan edelleen laskiessa bitumiöljy muuttuu viskoelastiseksi ja vastaa ominaisuuksiltaan bitumia.

Viskositeetti ja sen lämpötilariippuvuus selittävät täysin bitumiöljyn käyttäytymisen sekoituslämpötilasta vahojen kiteytymislämpötilaan saakka. Vahojen kiteytyttyä riippuu viskositeetti hyvin suuresti leikkausnopeudesta, ts. viskositeetti on kertalukuja suurempi häiriintymättömässä tilassa kuin "sekoitettuna". Tämän merkitystä öljysoran kestävyydelle ei ole selvitetty.

Viskositeetin lämpötilaherkkyys vaihtelee bitumituotteilla välillä -3,4 ... -4,3. Terveillä se on luokkaa -5. Viskositeetin lämpötilaherkkyiden vaikutus sekoitukseen ja viskositeettiin käy ilmi taulukosta 7.7.

Taulukko 7.7 Lämpötilaherkkyiden vaikutus viskositeettiin eri lämpötiloissa, kun viskositeetti 60°C:ssa on 300 mm²/s

LÄMPÖTILAHERKKYYS	-3,5	-4,0	-4,5
LÄMPÖTILA; JOSSA VISK. ON 30 mm ² /s °C	113	105	96
VISKOSITEETTI +5°C:ssa Pas	45	125	377

Lämpötilaherkkyyden kasvaessa paranee sekoittuvuus, ts. viskositeetti sekoituslämpötilassa on pienempi. Herkkyyden kasvaessa suurenee viskositeetti alhaisissa lämpötiloissa. Tämä lisää öljysorran kestävyyttä. Toisaalta vanhassa öljysorassa, jossa viskositeetti on kasvanut hyvin suureksi bitumiöljyn kovenemisen vuoksi, voi suuri m:n arvo merkitä halkeiluherkkyyttä. Käytettävissä olevan aineiston perusteella ei voida päätellä onko suurista m:n arvoista hyötyä vai haittaa sillä alueella, millä ne vaihtelevat tavanomaisilla bitumiöljyillä. Tervatuotteilla (m = -5) on tunnetusti taipumus halkeiluun alhaisissa lämpötiloissa.

Laatuvaatimusehdotuksessa on joka tapauksessa lämpötilaherkkyyttä rajoitettu niin, että alin hyväksytty m:n arvo on -4,3. Tämä on tehty siten, että viskositeetille on annettu maksimiarvo +5°C:ssa. Lähtökohtana +5°C:n viskositeettia laskettaessa on ollut 60°C:n viskositeettivaatimuksen minimiarvo.

Bitumiöljyllä BÖ 6, jonka viskositeetti on hyvin korkea +5°C:ssa ja siten vaikeamäärittää, on maksimijäykkyys annettu tunkeuma-arvona. Huomattava on, että tunkeuma-arvo +5°C:ssa on arvioitu, analyysituloksia ei ole käytettävissä. Vaatimuservoa voidaan joutua rukkaamaan, kun tuloksia on käytettävissä.

Vertailun vuoksi on taulukossa 7.8 esitetty Suomessa ja Ruotsissa käytettyjen bitumiöljyjen ominaisuuksia.

Taulukko 7.8 Suomessa ja Ruotsissa käytettyjen bitumiöljyjen ominaisuuksia

LAJI OMINAISUUS	B Ö 2		B Ö 4		V O 500		MENETELMÄ
	VAATIMUS- ARVO	TYYPILLINEN ARVO	VAATIMUS- ARVO	TYYPILLINEN ARVO	VAATIMUS- ARVO	TYYPILLINEN ARVO	
VISKOSITEETTI, 60°C, mm ² /s	300 - 500	340 - 470	1000 - 2000	1500 - 1800	350 - 700	550 - 650	ASTM D 2170
VISKOSITEETTI, +5°C, Pas	-	-	-	-	≤ 1000 ¹⁾	150 - 350 ²⁾	ASTM D 2171
VISKOSITEETIN LÄMPÖ- TILARIIPPUVUUS, "M"	-	-	-	-	-	-3.6 - -3.8	
JAKOTISLAUS							ASTM D 402
-TISLE 225°C, TIL.-%	-	0	0	0	-	0 - 0.5	
- " 260 " "	-	0.	≤ 0.3	0	≤ 1	0 - 1.0	
- " 315 " "	≤ 8	0.5 - 2	≤ 2.5	0 - 0.4	≤ 7	3.5 - 5.0	
- " 360 " "	4 - 12	5.5 - 7	≤ 6.0	2.0 - 3.5	≤ 12	7.5 - 12	
TISLAUSJÄÄNNÖKSEN VISKOSITEETTI, 60°C, mm ² /s	> 1200	1500 - 2000	> 3600	4500 - 6000	2000 - 5000	2500 - 4600	ASTM D 2170
LEIMAHDUSPISTE, °C	≥ 70	85 - 105	≥ 70	90 - 110	3)	-	ASTM D 93
HAPPOLUKU, mgKOH/g	-	-	-	-	-	0.6 - 3.8	ASTM D 664
AMIININ KULUTUS, %-yks.	-	-	-	-	-	0.2 - 0.6	VTI
JÄHMEPISTE, °C	-	-	-	-	≥ +8 ¹⁾	+2 - +8	ASTM D 97

1) VTI:N EHDOTUS, EI OLE MUKANA SITOVISSA LAATUVAATIMUKSISSA

2) v. 1982 - 1983: MINIMI 91, MAKSIMI 3875; SUURET ARVOT JOHTUNEVAT EI-NEWTONISUUDESTA

3) TUOTTEEN ON TÄYTETTÄVÄ PALOVIRANOMAISTEN VAATIMUKSET

4)
$$M = \frac{\log \log \eta_{T_2} - \log \log \eta_{T_1}}{\log T_2 - \log T_1}$$

7.34

Jakotislaus

Bitumiöljyn jakotislauksen tarkoituksena on antaa tieto ohenninosan haihtuvuudesta ja bitumiosan viskositeetista.

Mitä alhaisemmassa lämpötilassa tisleitä tulee ja mitä enemmän niitä tulee, sitä nopeammin bitumiöljy kovenee öljysoran valmistuksessa, levityksessä ja ensimmäisinä kuukausina tiellä.

Jakotislausmenetelmä on epätarkka ja epäherkkä. Tislemäärät antavat siten vain suuntaa-antavan kuvan kovenemisnopeudesta. Jakotislauksessa ohenninosa haihtuu, kiehuu pois, bitumipohjassa ei tapahdu hapettumista. Tiellä bitumiöljy kovenee myös hapettumisen johdosta. Vanhemmissa öljysorissa koveneminen aiheutuu ainoastaan hapettumisesta.

Bitumiöljyn kovenemisesta tiellä, öljysorassa, on rajoitetusti havaintoja. Näiden perusteella arvioiden tislausejäännöksen viskositeetti kuvaa sitä tasoa, jonka bitumiöljyn viskositeetti voi saavuttaa pitkän ajan kuluessa. Tieto bitumiöljyn kovenemisesta tiellä, päällysteessä, on vielä vaillinainen.

Kun bitumiöljyn haihtuvuutta halutaan muuttaa, on varmin tapa sopia tuottajan kanssa ohentimen tislausalueesta. Tislemäärän ohjaava vaikutus on liian väljä ja epämääräinen. Jakotislausmenetelmän tilalle tulisikin kehittää uusi tarkempi ja spesifisempi menetelmä, esimerkiksi ohutkalvokokeen tapainen kovenemisen simulointi.

Tässä annetussa ehdotuksessa BÖ 2:n laatuvaatimuksiksi on haihtuvuutta lisätty esitettyjen toiveiden johdosta. Tämä on toteutettu siten, että tislemäärälle 315°C:ssa on annettu minimiarvo. Haihtuvuuden lisääntyminen edellyttää, että ohentimen keventämisestä sovitaan tuottajan kanssa.

7.35

Tislausejäännöksen viskositeetti

Tislausejäännöksen viskositeettia nostettiin jonkin verran 80-luvun alussa. Sen jälkeen tehdyt öljysorapäällysteet ovat kestäneet hyvin. Tämän perusteella viskositeetin nostamiselle ei ole aihetta.

Kun bitumiöljyn viskositeetti ajan myötä kasvaa päällysteessä, vaikeutuu jyrsiminen ja halkeilu lisääntyy. Tämä tilanne saavutetaan sitä nopeammin mitä korkeampi on tislausejäännöksen viskositeetti. Tislausejäännöksen viskositeetille on tästä syystä annettu maksimivaatimus bitumiöljyllä BÖ 2, jolla sitä ei nykyisissä normeissa ole.

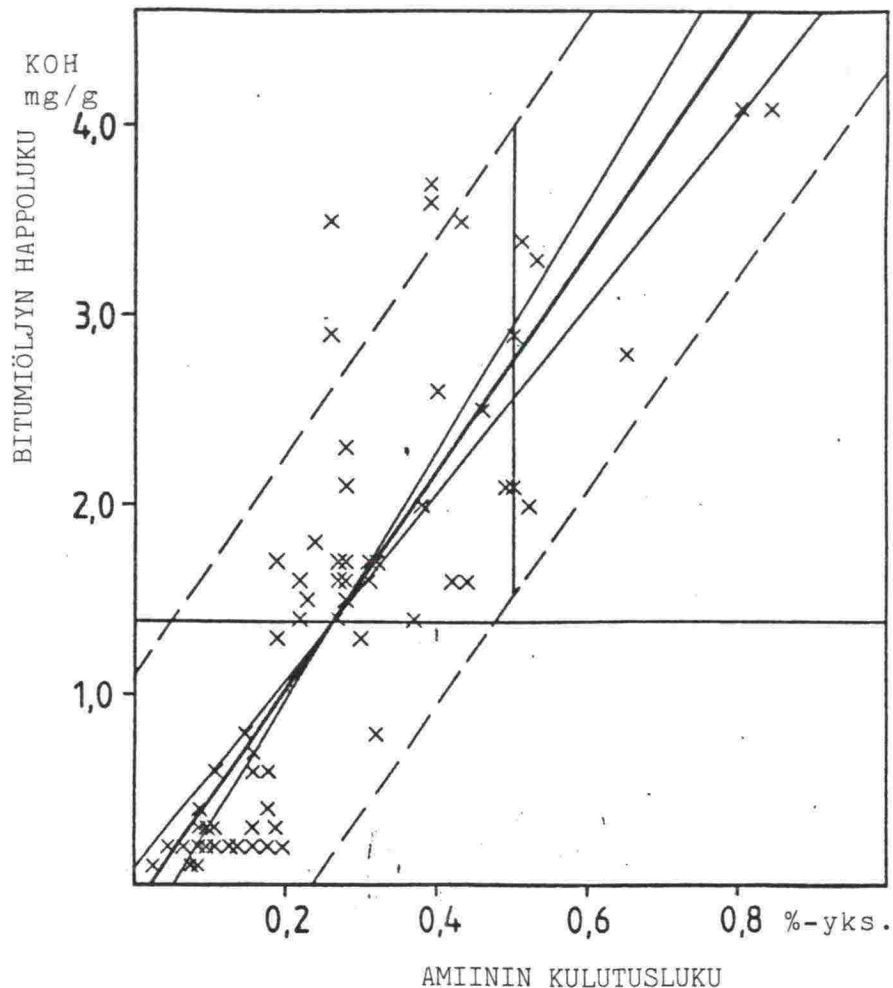
7.36

Amiinin kulutusluku

Bitumiöljyn happamet komponentit tuhoavat osan tartukkeesta. Taloudellisista syistä ja öljysoran onnistumisen turvaamiseksi ehdotetaan rajoitettavaksi amiinin kulutus, ts. rajoitetaan sitä määrää, jonka bitumiöljy saa tuhota tartuketta tartukkeen lisäyksen yhteydessä.

Tuhoutuvalle tartukemäärälle ja bitumiöljyn happoluvulle on selvä yhteys, kuva 7.6. Korrelaatio on kuitenkin huono ja voi riippua myös käytetyn tartukkeen laadusta. Tästä syystä laatuvaatimus on annettu amiinin kulutuslukuna.

Kuva 7.6 Amiinin kulutuksen riippuvuus bitumiöljyn happoluvusta (VTI Meddelande Nr 408 1984)



7.4

Bitumiliuosten ja -emulsioiden laatuvaatimukset

7.41

Bitumiliuokset

Bitumiliuosten osalta ei ole tarpeen tehdä muutoksia nykyisiin laatuvaatimuksiin.

Bitumiliuoksia käytetään liimauksiin ja sora- ja sirotepintauksiin. Keskeisimmät toiminnalliset ominaisuudet ovat kuivumisnopeus ja läljelle jääneen bitumin ominaisuudet.

Kuivumisnopeus- liuottimen haihtumisnopeus - kontrolloidaan jakotislauksella. Menetelmä on sama kuin bitumiöljyllä ja on siten epätarkka haihtumisnopeuden osalta. Paras tapa liuoksen kovettumisnopeuden säätöön on spia tuottajan kanssa liuottimen tislausalueesta. Jakotislauksen tilalle tulisi liuottimillekin saada käyttöön uusi ja parempi menetelmä kuivumisnopeuden määrittämiseen.

Jakotislauksella liuoksesta erotettu bitumi vastaa hyvin todellisuutta ja määrityksen tarkuus on tyydyttävä.

Bitumipohjalle annetaan nykyisissä laatuvaatimuksissa vain tunkeumavaatimus. Muuhun ei ole tarvetta edellyttäen, että liuos tehdään laatuvaatimukset täyttävästä bitumista.

Bitumiliuoksen mahdollisesti sisältämä tartuke vaikuttaa merkittävästi viskositeettimäärityksen tulokseen ja näkyy myös bitumipohjan ominaisuuksissa. Tämä on otettava huomioon, kun tuloksia verrataan laatuvaatimuksiin.

7.42

Bitumiemulsiot

Bitumiemulsioiden osalta ei ole tarpeen eikä mahdollista tehdä muutoksia nykyisiin laatuvaatimuksiin. Bitumiemulsioiden ominaisuudet ja emulsioiden käyttötavat eivät vielä ole vakiintuneet.

Emulsioiden tärkeimmät toiminnalliset ominaisuudet ovat murtumisnopeus ja sekoitettavuus kiviainekseen sekä erottuneen bitumin ominaisuudet.

Vielä ei ole onnistuttu kehittämään testiä, joka kuvaisi hyvin bitumiemulsion murtumista, kun emulsio sekoitetaan kiviainekseen. Käytetyt testit kuvaavat vain osittain ko. tapahtumaa.

Bitumiemulsioissa käytetty emulgaattori vaikuttaa murtuneen bitumin ominaisuuksiin. Emulsiolla ei ilmeisesti voida täysin taata erottuneen bitumin ominaisuuksia käyttämällä emulsion valmistukseen normien mukaista bitumia.

Bitumiemulsiot ovat pitkälti "reseptituotteita". Laatuvaatimuk-
sien tehtävänä on ainakin toistaiseksi lähinnä taata tasalaatui-
suus sekä osoittaa lajiluokka viskositeetin ja murtuvuuden suhteen.

7.5

Nk. A-bitumien laatuvaatimukset

Bitumien tärkeimmät toiminalliset ominaisuudet jäykkyysmoduli ja murtolujuus voidaan arvioida tunkeuman ja penetraatioindeksin avulla, kun bitumi on tehty tavanomaisesta raakaöljystä ja tavanomaisilla valmistusmenetelmillä.

Uusilla valmistusteknologioilla tai eksoottista raakaöljyä käytettäessä voi olla niin, että tunkeuma ja penetraatioindeksi eivät riitä jäykkyyden ja murtolujuuden arviointiin.

A-bitumi on tehty Neste OY:n ilmoituksen mukaan uudella teknologialla. Bitumin ominaisuudet ovat myös tavanomaisista poikkeavia.

Nesteen selvityksen mukaan ei A-bitumi poikkea tavanomaisesta niin paljon, että normaalit laadunvalvontaominaisuudet eivät riittäisi. Tämä asia tulee kuitenkin määrääjain tarkistaa, ts. selvittää vastaako tunkeuman ja penetraatioindeksin avulla laskettu jäykkyysmoduli määritettyä modulia sekä määrittää onko murtolujuus normaalitasoa.

A-bitumin ominaisuudet poikkeavat merkittävimmin tähän asti käytetyistä siinä, että tarttuvuus on parempi ja että kovenemistaipumus on oleellisesti suurempi.

Bitumin koveneminen tiellä riippuu ilmastosta, tyhjätlasta ja bitumin kovenemistaipumuksesta. Koveneminen tiellä on yleensä suhteellinen kovenemiseen ohutkalvokokeessa. A-bitumista ei vielä ole riittävästi tietoa, jotta voitaisiin päätellä miten hyvin ohutkalvokoe kuvaa kovenemista tiellä. A-bitumin osalta on lisäksi selvitettävä struktuurikovenemisen osuus.

Neste OY:n ehdotus A-bitumin laatuvaatimuksiksi on siinä vaillinainen, että siinä spesifioitujen ominaisuuksien perusteella ei voida arvioida kovenemistaipumusta. Laatuvaatimus lisäksi periaatteessa sallii alhaisemman viskositeettitason 60°C:ssa alkuperäiselle bitumille kuin nykyiset vaatimukset.

Neste OY:n ehdottamiin vaatimuksiin tulee lisätä kovenemistaipumuksen rajoitus sekä 60°C:n viskositeetin että tunkeuman perusteella.

BITUMIN PARAFIINIPITOISUUS JA SEN MERKITYS

Kylmäsaostuksella, liuottamalla bitumi, poistamalla asfalteenit ja alentamalla lämpötilaa, saadaan bitumista erottumaan aineryhmä, jota kutsutaan parafiineiksi.

Bitumin parafiinit ovat vahamaisia, ts. ne kiteytyvät lämpötilan laskiessa, kiteytymisaste riippuu lämpötilasta, ja sulavat 45°C - 60°C välillä nesteeksi, jonka viskositeetti on suhteellisen alhainen.

Bitumin parafiinit eivät ole puhtaita parafiineja, ts. alkaanihiilivetyjä, vaan sisältävät nafteeneja ja aromaatteja, joilla on parafiinisia sivuketjuja. Tätä bitumin aineryhmää kutsutaan parafiineiksi, koska se muistuttaa parafiineja sulamisen ja kiteytymisen puolesta. Bitumin parafiinien ominaisuudet eivät kuitenkaan kaikilta osin vastaa varsinaisten parafiinien ominaisuuksia. Parafiininimitys on sekä kemiallisen koostumuksen että merkityksen puolesta osittain harhaanjohdava.

Bitumin parafiinit eivät ole mikään erillinen ryhmä, selvästi muista aineosista erottuva osa bitumia. Bitumin parafiinit leikataan keinotekoisesti erotusmenetelmällä erilleen muusta osasta bitumia. Bitumin parafiinipitoisuus riippuu siten suuresti erotusmenetelmästä. Parafiinipitoisuudeksi voidaan saada joko 2 p-% tai 8 p-% määritysmenetelmästä riippuen.

Parafiinit ovat osa bitumia. Ne tietenkin vaikuttavat koko aineen, bitumin, ominaisuuksiin. Bitumin parafiinipitoisuus ei kuitenkaan yksiselitteisesti kuvaa bitumin ominaisuuksia. Parafiinien vaikutus bitumin ominaisuuksiin riippuu parafiinien itsensä ominaisuuksista ja lisäksi bitumin muusta koostumuksesta. Tästä johtuu, että parafiinipitoisuus sinänsä ei riitä merkityksen arviointiin.

Parafiinipitoisuus vaikuttaa ennenkaikkea bitumin viskositeettiin korkeissa lämpötiloissa. Parafiinit sulavat ja alentavat viskositeettia. Kun bitumin parafiinipitoisuus on korkeahko - 2 p-% DIN-parafiineja - on bitumin viskositeetti alhainen, jos samalla bitumin asfalteenipitoisuus on pieni, alle 10 p-%. Jos taas asfalteenipitoisuus on korkea, ei suurikaan parafiinipitoisuus alenna viskositeettia alle vaatimusrajan.

Suuri parafiinipitoisuus joka tapauksessa alentaa bitumin viskositeettia. Korkea parafiinipitoisuus ei kuitenkaan välttämättä lisää deformaatoriskiä. Parafiinien sulaminen vaatii aikaa, vaikka sulamislämpötila saavutetaan, eivät parafiinit ehdi heti sulaa, bitumi säilyttää jäykkyytensä. Tästä syystä tapahtuvat suuret deformaatiovauriot yleensä vain, jos yötkin ovat kuumia.

Parafiinien viskoelastiset ominaisuudet ovat alhaisissa lämpötiloissa huonommat kuin bitumilla yleensä. Suuri parafiinipitoisuus voi merkitä huonompia kylmäominaisuuksia. Parafiinien vaikutus riippuu tälläkin alueella bitumin muista komponenteista. Toisin sanoen bitumin parafiinipitoisuuden merkitys bitumin kylmäominaisuuksille vaihtelee bitumista toiseen.

Parafiinipitoisuuden vaikutus bitumin tarttuvuuteen on vieläkin epämääräisempi kuin kylmäominaisuuksiin. Bitumin tarttuvuus on monen eri tekijän summa.

Koska parafiinipitoisuus on epämääräinen ja epäspesifinen laatuindikaattori, on sen käytöstä yleisesti luovuttu laatuvaatimuksissa. Vielä 70-luvun alussa parafiinipitoisuus oli yleinen eurooppalaisissa normeissa. Nykyisin se esiintyy vain Tanskan, Saksan Liittotasavallan ja Ranskan normeissa. Bitumin viskositeettivaatimusten mukaantulo laatuvaatimukseen on myös osaltaan vähentänyt parafiinipitoisuuden määrittelyn tarvetta.

BITUMIN TARTTUVUUS

499
Bitumin ja kiven välistä tarttuvuutta on selitetty useilla teorioilla. Mekaanisen tarttuvuusteorian mukaan kysymyksessä on bitumin mekaaninen tarttuvuus kiveen. Orientoitumisteorian mukaan järjestäytyvät bitumin molekyylit kivipinnan ionien vaikutuksesta ja systeemin energiatila pienenee. Bitumin ja kivipinnan välisillä reaktioilla on niinkään yritetty selittää tarttuvuutta. Viimeisin ja yleisimmin hyväksytty teoria on nk. termodynaaminen teoria.

Ilmeistä on, että tarttuvuus on yleensä termodynaaminen ilmiö. Bitumin tarttuvuudessa kiviainekseen on varmaan merkitystä myös mekaanisella tarttuvuudella ja tietyissä tapauksissa kemiallisilla reaktioilla. Tunnettua on, että happoluku lisää tarttuvuutta emäksiseen kiveen ja myös heikentää tarttuvuutta, jos happoluku on suuri ja systeemissä on kalkkikiveä. Nämä ilmiöt selittyisivät sillä, että bitumin orgaaniset hapot muodostavat suoloja.

Termodynaamisen teorian mukaan tarttuvuus on termodynaaminen, energiatilaan liittyvä ilmiö. Bitumin tarttumisen ja vastaavasti irtoaminen merkitsee muutosta systeemin vapaassa energiassa. Systeemi pyrkii tilaan, jossa vapaa energia on minimissään. Tämän teorian mukaan on polaarisisillä komponenteilla suuri merkitys. Mitä enemmän polaarisia komponentteja on bitumissa sitä enemmän vapaa energia pienenee ja saavutetaan termodynaamisesti stabiilimpi tila. Vastaavasti vesi, joka on polaarisempi kuin bitumi, pyrkii syrjäyttämään bitumin, koska tällöin siirrytään stabiilimpaan tilaan.

Bitumin ja kiven välisessä tarttuvuudessa on kysymys molempien sekä kiven että bitumin ominaisuuksien yhteisvaikutuksesta. Tarttuvuus on lisäksi spesifinen kullekin bitumi - kivi-kombinaatiolle. Bitumien tarttuvuus voidaan panna paremmuusjärjestykseen tietyn kiviaineksen suhteen, mutta järjestys ei ole välttämättä sama jonkin toisen kiviaineksen suhteen. Kiviainesten tarttuvuus vaihtelee ainakin yhtä paljon kuin bitumien tarttuvuus.

Tarttuvuutta ei voida määritellä bitumin jonkin ominaisuuden perustella. Ei myöskään tunneta tarkkaan mitkä bitumin komponentit edesauttavat ja mitkä heikentävät tarttuvuutta, molempia esiintyy samassa bitumissa.

Hyvä tarttuvuus on välttämätön, mutta ei riittävä ehto asfalttimassan vedenkestävyydelle. Jotta tartunta pääsisi syntymään, on bitumin kostutettava kivirakeen pinta. Tätä ei tapahdu, jos kivirakeen pinta on peittynyt savimaisilla aineksilla tai suoloilla. Kunnollista kostutusta ei myöskään pääse tapahtumaan, jos bitumin viskositeetti on liian korkea sekoitusvaiheessa. Päällysteen vedenkestävyys voi olla huono, vaikka tarttuvuus sinänsä olisi hyvä. Tarttuvuus ja asfalttimassan vedenkestävyys eivät ole samansisältöisiä käsitteitä.

Bitumin kyky kostuttaa kivirakeen pinta riippuu bitumin ja kiven rajapintajännityksestä. Periaatteessa bitumin pintajännitys on siten toiminnallinen ominaisuus. Tavallisilla bitumeilla pintajännitys vaihtelee niin vähän, että pintajännityksellä ei tarvitse ottaa laatuvaatimuksiin. Lisäaineilla voidaan pintajännitystä muuttaa suuresti ja saadaan aikaan parempi kostutus ja siten mahdollisuus tarttuvuuden muodostumiselle. Tartukkeilla saadaan syntymään termodynaaminen tila, jossa vesi ei pysty syrjäyttämään bitumia kiven pinnalta.

Tarttuvuuden seuraaminen ja tarkistus voidaan järjestää siten, että valitaan 3 - 4 tyypillistä kiviainesta, joita vastaan tarttuvuus mitataan. Mittausmenetelmänä voidaan käyttää striping testiä, esim. rullapullokoetta. Tarttuvuustason huomattava muutos voi merkitä tarttuvuuden muuttumista päällysteessä käytettävän kiviaineksen suhteen. Päällystemassan vedenkestävyys on tällöin tarkistettava.

LAITEHANKINTOJEN KIIREELLISYYSJÄRJESTYS JA KUSTANNUKSET

Laitehankinnat on jaettu kolmeen ryhmään, toteutettavaksi esim. kolmen seuraavan budjettikauden aikana.

Kalleimpien laitteiden hintataso on tarkistettu maahantuojilta. Osa hinnoista on jouduttu arvioimaan aikaisempien hankintojen pohjalta, koska edustajaa ei ole maassa.

A. Välittömästi hankittaviksi ehdotetut laitteet.

1. Kryomaatti (taulukko 4.4/1)		
esim. RKS 20 D	21000mk	
2. Ohutkalvokoekaappi (taulukko 4.2/4)		
arvio	25000mk	
3. X-Y -piirturi (taulukko 4.4/5)	25000mk	
4. Marshall-puristimen puristin-		
pää (taulukko 4.4/3) arvio	2000mk	
5. Olemassa olevien laitteiden		
täydennyksiä (taulukko 4.1/kohdat		
4-7)	yhteensä 5000mk	78000mk

B. Toisessa vaiheessa hankittavat

1. Haake Rotovisko (taulukko 4.3/1)	75000mk	
2. Viskosimetrihaude (taulukko 4.2/1)	15000mk	
3. Jakotislauslaite ja penetrometri (taulukko 4.2/2 ja 3)	7000mk	
4. Massakappaleiden tiivistys-		
laite (taulukko 4.4/4) arvio	10000mk	
kustannustason nousu-		
varaus 10 %	10000mk	110000mk
		siirto 188000mk

siirto 188000mk

C. Kolmannessa vaiheessa hankittavat

1. Yleisvetolaite Instron (taulukko 4.4/2)

arvio 50000mk

2. Shell Sliding Plate Rheometry

(taulukko 4.3/2) arvio 40000mk

kustannustennousu-

varaus 10 % 9000mk 99000mk

yhteensä 287000mk

PENETRAATIOINDEKSIN LASKEMINEN

Tunkeuman logaritmin ja lämpötilan välillä on suoraviivainen yhteys:

$$(1) \log P = A \times T + C$$

jossa P = tunkeuma

A = vakio (kulmakerroin)

C = vakio

Penetraatioindeksi (tunkeumaindeksi) määritellään seuraavasti:

$$(2) PI = \frac{20 - 500 A}{1 + 50 A}$$

jossa PI = penetraatioindeksi

A = tunkeuman lämpötilariippuvuus (vakio A yhtälössä(1))

Vakio A voidaan lakea kahden eri lämpötilassa määritetyn tunkeuman avulla seuraavalla yhtälöllä:

$$(3) A = \frac{\log P_{T2} - \log P_{T1}}{T2 - T1}$$

jossa P_{T2} = tunkeuma lämpötilassa T2

P_{T1} = tunkeuma lämpötilassa T1

T2 = lämpötila 2 (ylempi)

T1 = lämpötila 1 (alempi)

Tunkeuman lämpötilariippuvuuden A ja penetraatioindeksin PI välinen konstikas yhteys johtuu siitä, että penetraatioindeksin kehittäjät Pfeiffer ja van Doormaal halusivat Panuco-bitumin penetraatioindeksin saavan arvon 0 ja lämpötilaherkempien bitumien saavan negatiivisia lukuja.

Penetraatioindeksin määrittäminen käytännössä

1. Laskentaohjelmat

Penetraatioindeksin lauseke voidaan ohjelmoida taskulaskimeen tai mikrolle. Syöttötietona käytetään tunkeuma-arvoja ja tulos saadaan penetraatioindeksinä. Tunkeuma-arvot on tehtävä ohjelman edellyttämässä lämpötiloissa. Laskentaohjelmia on ostettavissa, mutta ne helppo myös itse ohjelmoida.

2. Käyrästöt

Käyrästöstä "Chart for Determination of T_{800pen} and Penetration index" voidaan penetraatioindeksi lukea kahden missä hyvänsä lämpötilassa määritetyn tunkeuman avulla. Käyrästöstä saadaan myös arvio pehmenemispisteelle tai määrittää arvio penetraatioindeksille yhdessä lämpötilassa tehdyn tunkeuman ja pehmenemispisteen perusteella.

LIITE 5

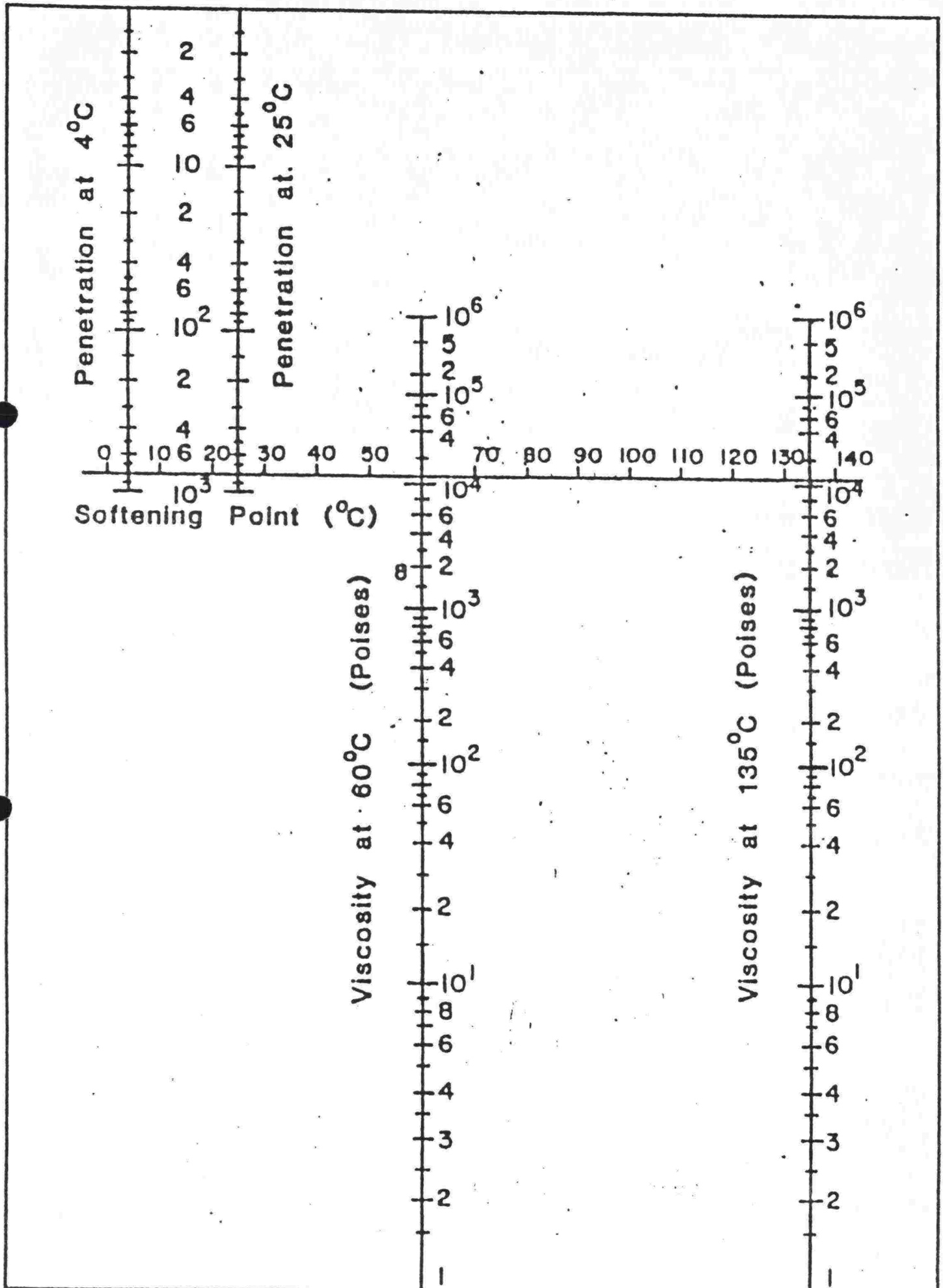
Bitumien B 65, B120 ja B 250 taulukon 7.1 mukaiset ominaisuudet

	B 65	B 120	B 250
A. Alkuperäinen bitumi			
1. Tunkeuma 10 ⁰ C, 100 g, 5 s, 1/10 mm			
2. Tunkeuma 25 ⁰ C, 100 g, 5 s, 1/10 mm	50 - 70	100 - 145	210 - 300
3. Viskositeetti, 60 ⁰ C, Pa.s	≥ 190	≥ 60	≥ 20
4. Viskositeetti, 135 ⁰ C, mm ² /s	≥ 310	≥ 215	≥ 150
5. Penetraatioindeksi	≥ -0,7	≥ -1,2	≥ -1,7
6. Pehmenemispiste, ⁰ C	≥ 50	≥ 42	≥ 34
7. Liukoisuus, p %	≥ 99,5	≥ 99,5	≥ 99,5
8. Leimahduspiste, ⁰ C	≥ 230	≥ 200	≥ 180
B. Bitumi ohutkalvokokeen jälkeen			
9. Tunkeuman pieneneminen, %	≤ 45	≤ 45	≤ 47
10. Viskositeetti, 60 ⁰ C, Pa.s	≤ 1300	≤ 450	≤ 150
11. Murtumapiste, ⁰ C	≤ -8	≤ -12	≤ -18
12. Venymä, 25 ⁰ C, cm	≥ 25	≥ 75	
Venymä, 15 ⁰ C, cm			≥ 50
13. Kovenemiskerroin	1,5 - 3,0	1,5 - 3,0	1,5 - 3,0
14. Painohäviö p %	≤ 0,5	≤ 0,5	≤ 0,7
15. Penetraatioindeksi	≤ +2,0	≤ +2,0	≤ +2,0

BITUMIEN LAADUNVALVONNASSA KÄYTETYT KÄYRÄSTÖT

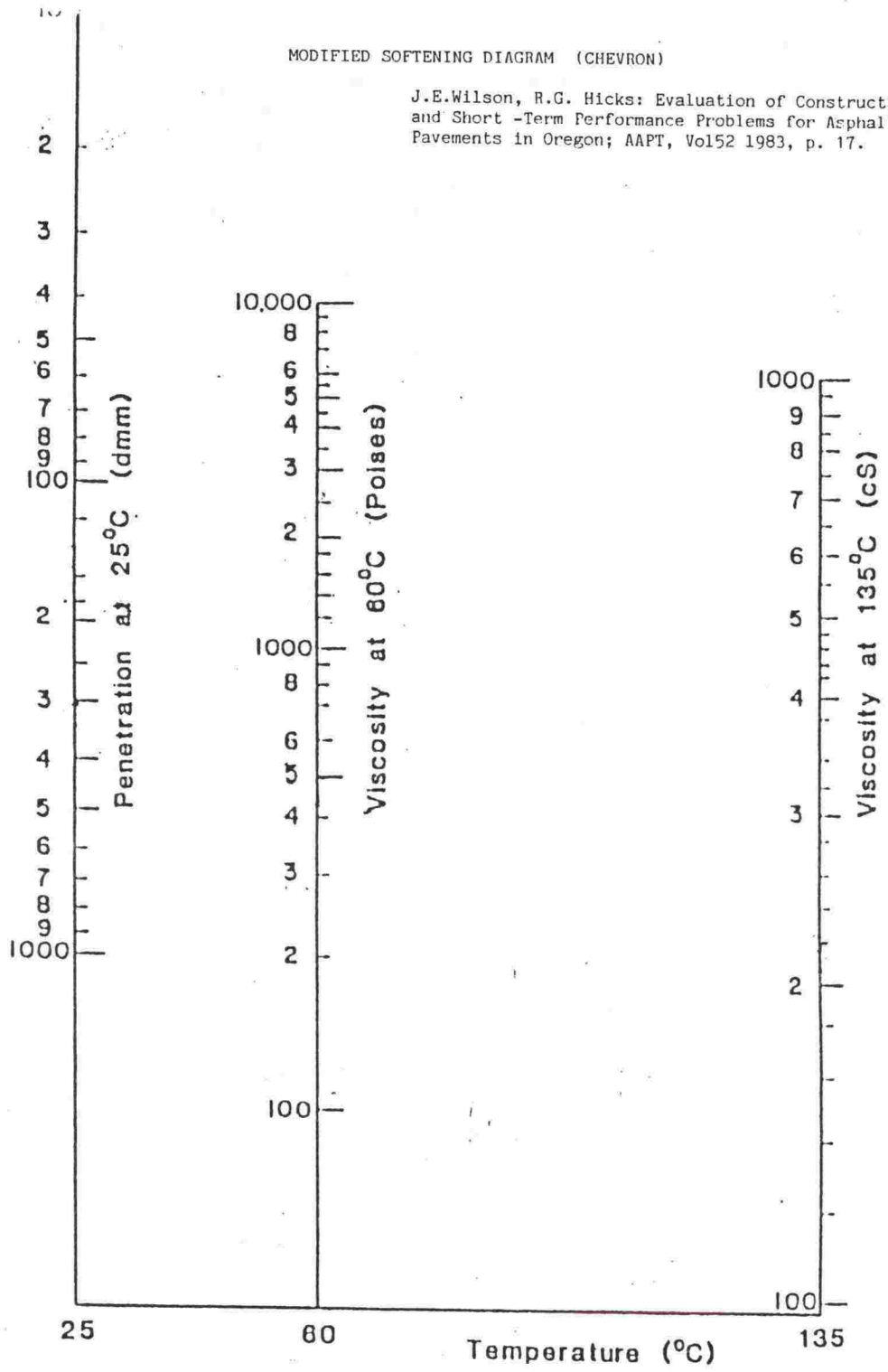
ASPHALT CLASSIFICATION CHART

C.A.Bell: Use of The Shell TestData Chart in
Evaluation of Asphalt Data; AAPT Vol52 1983 p.18



MODIFIED SOFTENING DIAGRAM (CHEVRON)

J.E.Wilson, R.G. Hicks: Evaluation of Construction and Short -Term Performance Problems for Asphalt Pavements in Oregon; AAPT, Vol52 1983, p. 17.



MODIFIED ASPHALT CLASSIFICATION CHART

C.A.Bell: Use of the Shell Bitumen Test Data
in Evaluation of Asphalt Data
AAPT Vol52 1983 p.20.

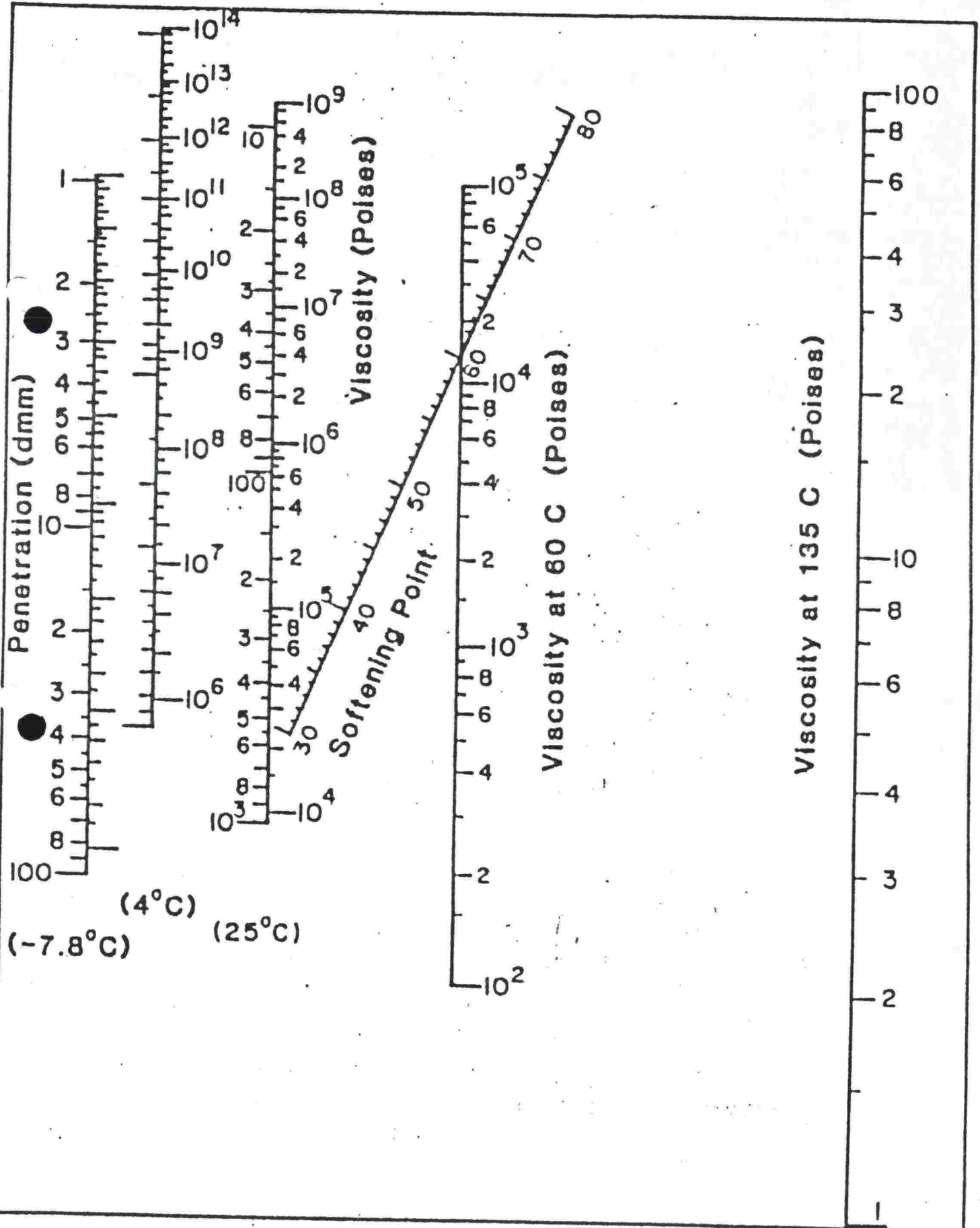
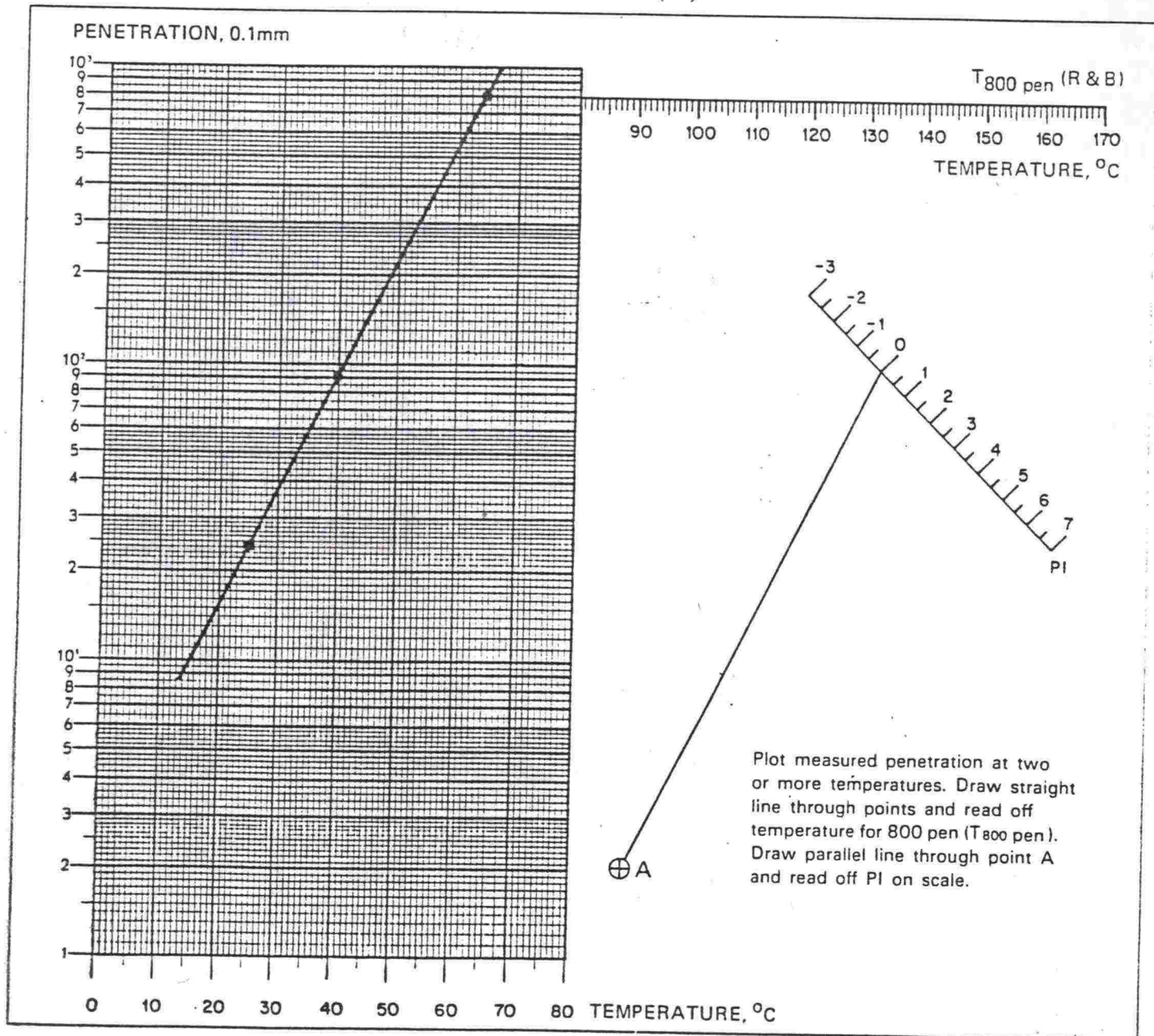
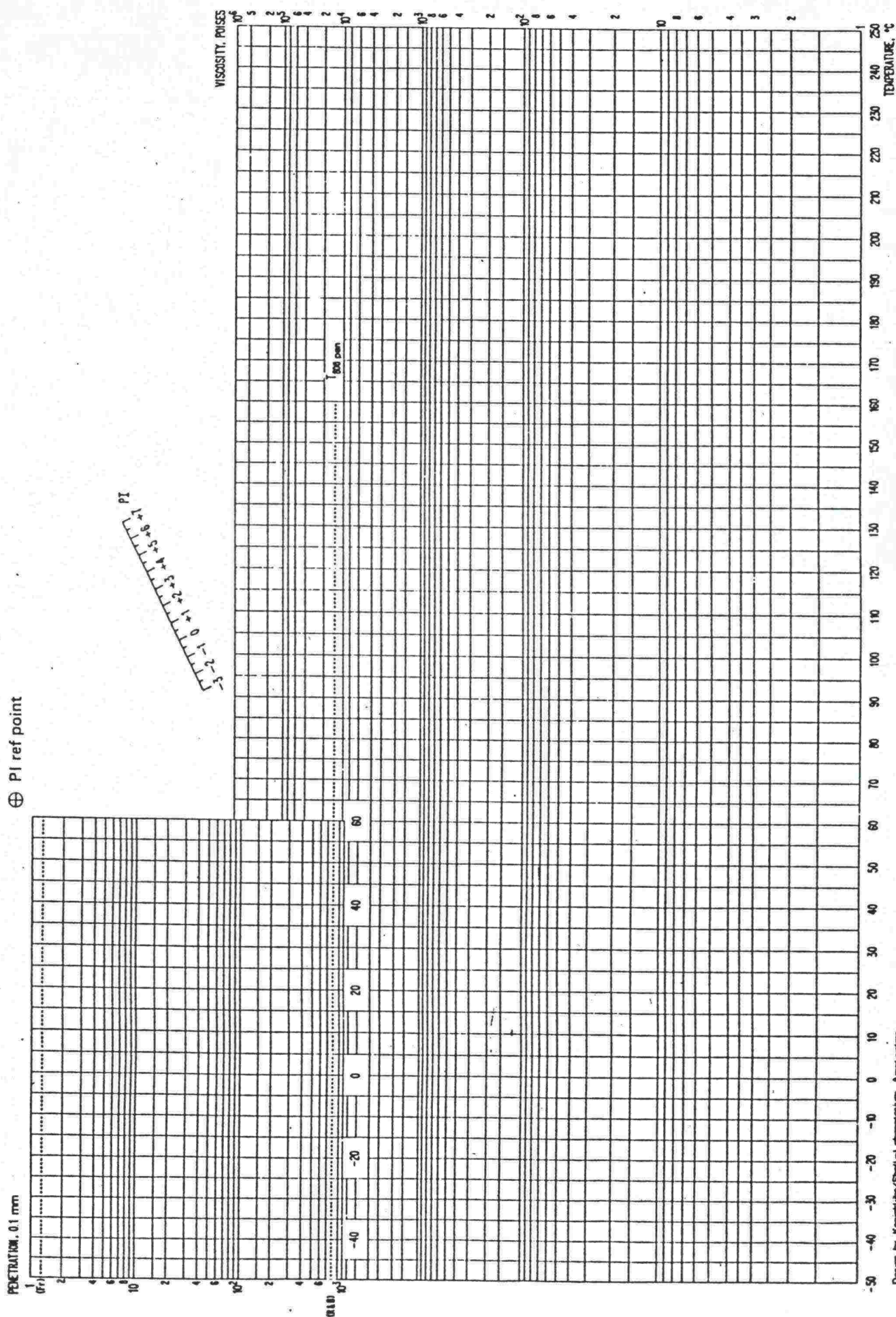


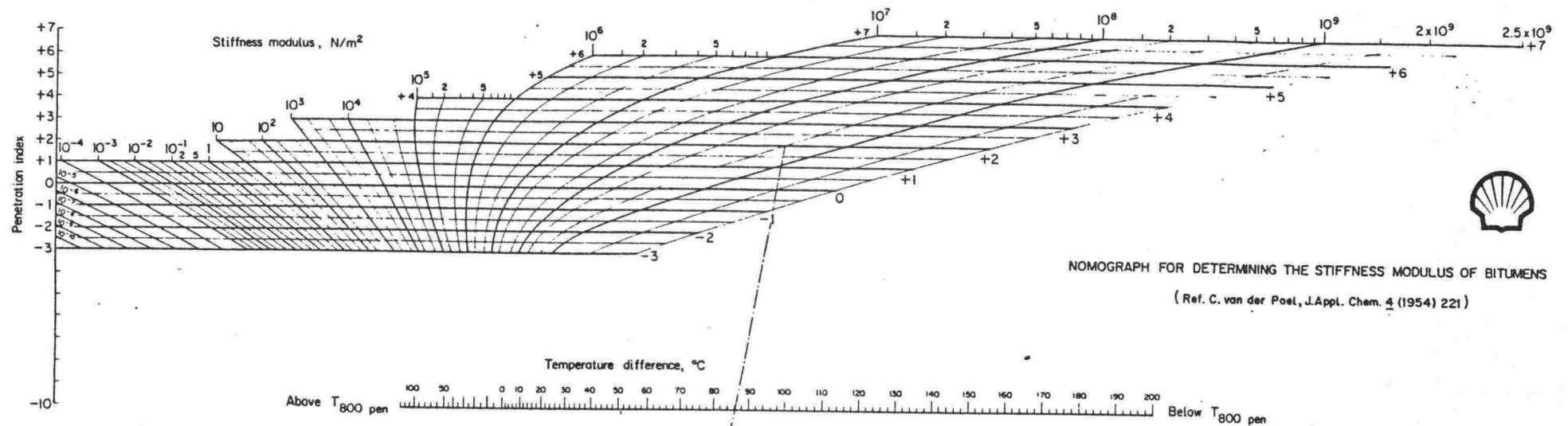


Figure 1 Chart for determination of $T_{800 \text{ pen}}$ and Penetration Index (PI)





Design by Koninkl. ipas/Shell - Laboratorium, Amsterdam
Copyright Shell Research N.V.



NOMOGRAPH FOR DETERMINING THE STIFFNESS MODULUS OF BITUMENS

(Ref. C. van der Poel, J. Appl. Chem. 4 (1954) 221)

The penetration-index (PI) has been defined by:

$$\frac{20 - PI}{10 + PI} = 50 \frac{\log \text{pen at } T_1 - \log \text{pen at } T_2}{T_1 - T_2}$$

The stiffness modulus, defined as the ratio σ/ϵ = stress/strain, is a function of time of loading (frequency), temperature difference with $T_{800 \text{ pen}}$, and PI.

$T_{800 \text{ pen}}$ is the temperature at which the penetration would be 800.

This is obtained by extrapolating the experimental log penetration — versus temperature line to the penetration value 800.

At low temperatures and/or high frequencies the stiffness modulus of all bitumens asymptotes to a limit of appr. $3 \times 10^9 \text{ N/m}^2$.

Units:

$$1 \text{ N/m}^2 = 10 \text{ dyn/cm}^2 = 1.02 \times 10^{-5} \text{ kgf/cm}^2 = 1.45 \times 10^{-4} \text{ lb/sq.in.}$$

$$1 \text{ N s/m}^2 = 10 \text{ P}$$

KSLA, August 1953, 3rd edition 1972

DWG. 69.12.1164b

Example for a bitumen with $PI = +2.0$ and $T_{800 \text{ pen}} = 75^{\circ}C$.

To obtain the stiffness modulus at $T = -11^{\circ}C$ and a frequency of 10 Hz: connect 10 Hz on time scale with $75 - (-11) = 86^{\circ}$ on temperature scale.

Read $S = 5 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ on network at $PI = +2.0$.

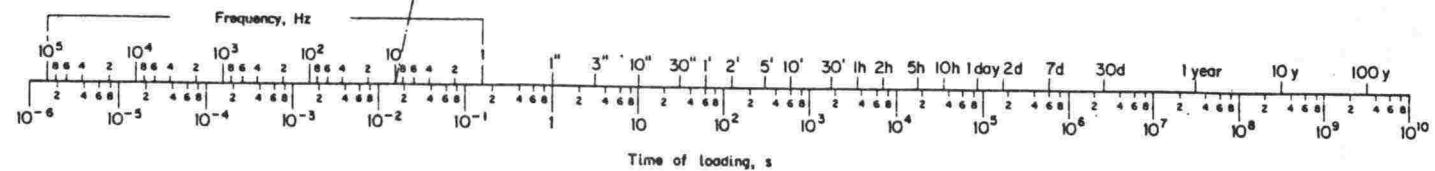
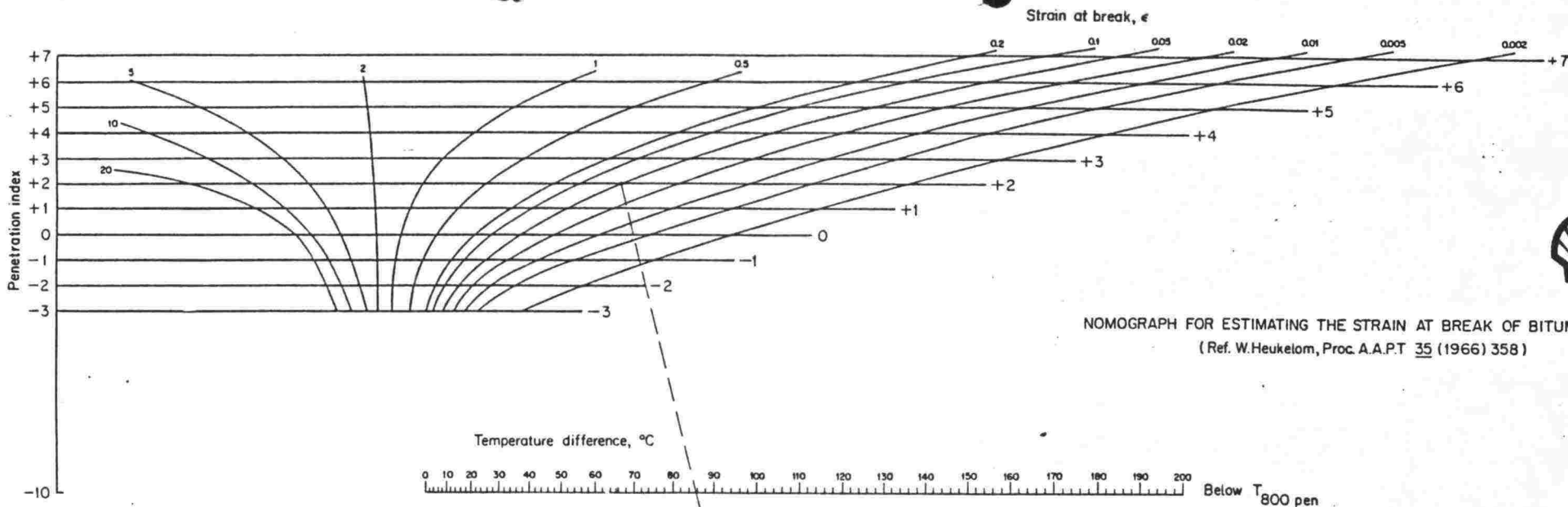


Figure 6 — Nomograph for determining the Stiffness Modulus of Bitumens



The strain at break, defined as the ratio $\frac{\text{increase in length}}{\text{initial length}}$, is a function of time of loading (frequency), temperature difference with $T_{800 \text{ pen}}$, and PI. $T_{800 \text{ pen}}$ is the temperature at which the penetration would be 800.

This is obtained by extrapolating the experimental log penetration versus temperature line to the penetration value 800. The penetration-index (PI) has been defined by:

$$\frac{20-PI}{10+PI} = 50 \frac{\log \text{ pen at } T_1 - \log \text{ pen at } T_2}{T_1 - T_2}$$

Example for a bitumen with $PI = +2.0$ and $T_{800 \text{ pen}} = 75^\circ \text{C}$
To obtain the strain at break at $T = 41^\circ \text{C}$ and a time of 10 seconds,
connect 10 sec. on time scale with $75 - (41) = 34^\circ$ on temperature scale.
Read $\epsilon \approx 0.05$ on network at $PI = +2.0$

KSLA, August 1966, 2nd edition 1972
DWG 73.02.1000

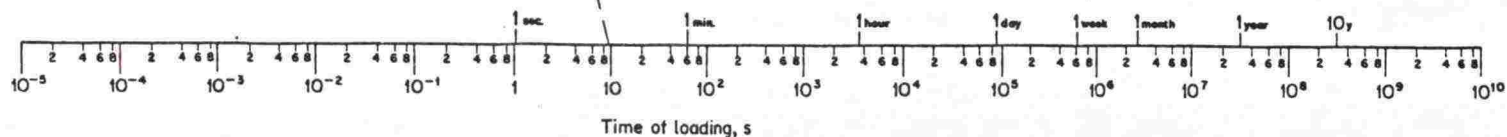


Figure 7 — Nomograph for estimating the Strain at Break of Bitumens